MODUL ELEKTRONIKA DAN MEKATRONIKA

ELEKTROPNEUMATIK DAN PLC SIEMENS

OLEH MOHAMAD ROISUL FATA



SMK BISA-HEBAT
SIAP KERJA - SANTUN - MANDIRI - KREATIF

MODUL ELEKTROPNEUMATIK DAN PLC SIEMENS

Untuk Sekolah Menengah Kejuruan
Edisi Tahun 2017



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN

MODUL ELEKTROPNEUMATIK DAN PLC SIEMENS

Pengarah
Drs. H. Mustaghfirin Amin, M.BA
Direktur Pembinaan SMK

Penanggung Jawab
Arie Wibowo Khurniawan, S.Si. M.Ak
Kasubdit Program dan Evaluasi, Direktorat Pembinaan SMK

Ketua Tim
Arfah Laidiah Razik, S.H., M.A.
Kasi Evaluasi, Subdit Program dan Evaluasi, Direktorat Pembinaan SMK

Penyusun
Mohamad Roisul Fata, S.Pd
(SMKN 1 Adiwerna Tegal)

Desain dan Tata Letak
Rayi Citha Dwisendy, S.Ds

ISBN

Penerbit:
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Komplek Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Gedung E, Lantai 13
Jalan Jenderal Sudirman, Senayan, Jakarta 10270

KATA PENGANTAR KASUBDIT PROGRAM DAN EVALUASI



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh
Salam Sejahtera,

Melalui Instruksi Presiden (Inpres) Nomor 9 Tahun 2016 tentang Revitalisasi Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), dunia pendidikan khususnya SMK sangat terbantu karena akan terciptanya sinergi antar instansi dan lembaga terkait sesuai dengan tugas dan fungsi masing-masing dalam usaha mengangkat kualitas SMK. Kehadiran Buku Serial Revitalisasi SMK ini diharapkan dapat memudahkan penyebaran informasi bagaimana tentang Revitalisasi SMK yang baik dan benar kepada seluruh stakeholder sehingga bisa menghasilkan lulusan yang terampil, kreatif, inovatif, tangguh, dan sigap menghadapi tuntutan dunia global yang semakin pesat.

Buku Serial Revitalisasi SMK ini juga diharapkan dapat memberikan pelajaran yang berharga bagi para penyelenggara pendidikan Kejuruan, khususnya di Sekolah Menengah Kejuruan untuk mengembangkan pendidikan kejuruan yang semakin relevan dengan kebutuhan masyarakat yang senantiasa berubah dan berkembang sesuai tuntuan dunia usaha dan industri.

Tidak dapat dipungkuri bahwa pendidikan kejuruan memiliki peran strategis dalam menghasilkan manusia Indonesia yang terampil dan berkeahlian dalam bidang-bidang yang sesuai dengan kebutuhan.

Terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada semua pihak yang terus memberikan kontribusi dan dedikasinya untuk meningkatkan kualitas Sekolah Menengah Kejuruan. Buku ini diharapkan dapat menjadi media informasi terkait upaya peningkatan kualitas lulusan dan mutu Sumber Daya Manusia (SDM) di SMK yang harus dilakukan secara sistematis dan terukur.

Wassalamu`alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Jakarta, 2017

Kasubdit Program Dan Evaluasi
Direktorat Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR PENULIS

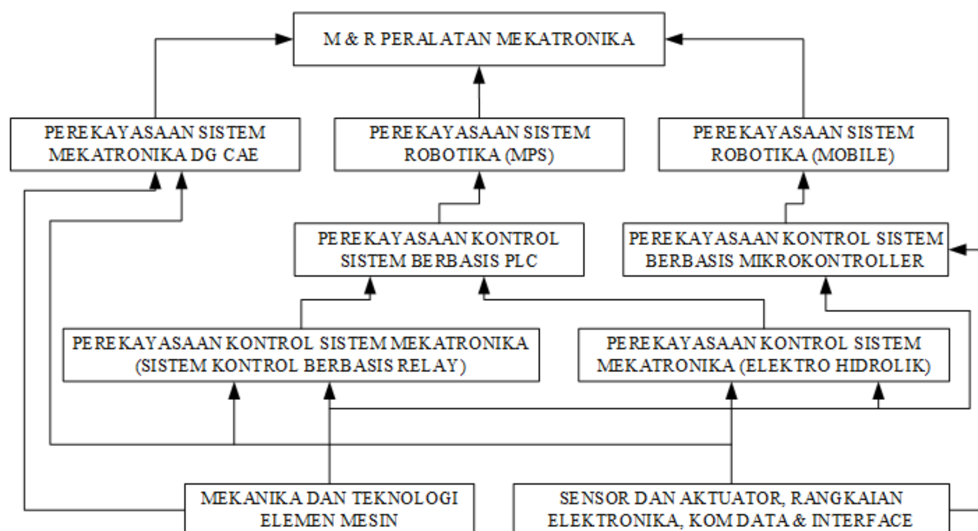
Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayahnya, sehingga buku teks ini dapat tersusun dengan harapan dapat digunakan sebagai buku teks untuk siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Bidang studi Keahlian Teknologi dan Rekayasa, Teknik Mekatronika.

Penerapan kurikulum 2013 mengacu pada paradigma belajar kurikulum abad 21 menyebabkan terjadinya perubahan, yakni dari pengajaran (teaching) menjadi belajar (learning), dari pembelajaran yang berpusat kepada guru (teachers centered) menjadi pembelajaran yang berpusat kepada peserta didik (student centered), dari pembelajaran pasif (pasive learning) ke cara belajar peserta didik aktif (active learning- CBSA) atau Student Active Learning-SAL.

Buku teks Elektropneumatik ini disusun berdasarkan tuntunan paradigma pengajaran dan pembelajaran kurikulum 2013 diselaraskan berdasarkan model pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan belajar kurikulum abad 21 yaitu pendekatan model pembelajaran berbasis peningkatan keterampilan proses sains. Penyajian buku teks untuk Mata Pelajaran Elektropneumatik ini disusun dengan tujuan agar supaya peserta didik dapat melakukan proses pencarian pengetahuan berkenaan dengan materi pelajaran melalui berbagai aktivitas proses sains sebagaimana dilakukan oleh para ilmuwan dalam melakukan eksperimen ilmiah (penerapan scientifik), dengan demikian peserta didik diarahkan untuk menemukan sendiri berbagai fakta, membangun konsep, dan paradigma baru secara mandiri. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, dan Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik dan Tenaga Kependidikan menyampaikan terima kasih, sekaligus saran kritik demi kesempurnaan buku teks ini dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu terselesaikannya buku teks siswa untuk Mata Pelajaran Hidrolik di tingkat Sekolah Menengah Kejuruan (SMK).

DAFTAR ISI

PETA KEDUDUKAN MODUL



BAB I
PENDAHULUAN

A. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Mata Pelajaran Pneumatik Paket Keahlian Teknik Mekatronika

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
KI 1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1 Membangun kebiasaan bersyukur atas limpahan rahmat, karunia dan anugerah yang diberikan oleh Tuhan Yang Maha Kuasa.
	1.2 Memiliki sikap dan perilaku beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, jujur, disiplin, sehat, berilmu, cakap, sehingga dihasilkan insan Indonesia yang demokratis dan bertanggung jawab sesuai dengan bidang keilmuannya.
	1.3 Membangun insan Indonesia yang cerdas, mandiri, dan kreatif, serta bertanggung jawab kepada Tuhan yang menciptakan alam semesta.
	1.4 Memiliki sikap saling menghargai (toleran) keberagaman agama, bangsa, suku, ras, dan golongan sosial ekonomi dalam lingkup global
KI 2 Menghayati dan Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotong royong,	2.1 Menerapkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; bertanggung jawab; terbuka; peduli lingkungan)

kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	sebagai wujud implementasi proses pembelajaran bermakna dan terintegrasi, sehingga dihasilkan insan Indonesia yang produktif, kreatif dan inovatif melalui penguatan sikap (tahu mengapa), keterampilan (tahu bagaimana), dan pengetahuan (tahu apa) sesuai dengan jenjang pengetahuan yang dipelajarinya.
	2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan
	2.3 Memiliki sikap dan perilaku patuh pada tata tertib dan aturan yang berlaku dalam kehidupan sehari-hari selama di kelas dan lingkungan sekolah.
KI 3 Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait fenomena dan	3.13 Memahami sistem elektropneumatik
	3.14 Menjelaskan macam-macam komponen listrik dan cara kerjanya yang digunakan untuk mengoperasikan suatu mesin.
	3.15 Menjelaskan macam-macam katup solenoid dan cara kerjanya yang

kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah.	digunakan untuk mengoperasikan suatu mesin.
	3.16 Menjelaskan perbedaan rangkaian langsung dan tidak langsung rangkaian elektropneumatik.
	3.17 Memahami rangkaian seri dan paralel
	3.18 Memahami konsep rangkaian pengunci
	3.19 Memahami rangkaian silinder dengan menggunakan katup kombinasi.
	3.20 Memahami rangkaian elektropneumatik dengan menggunakan media vakum
	3.21 Menggambar rangkaian pneumatik mesin sederhana dengan menggunakan sensor proximity magnetik.
	3.22 Menggambar rangkaian pneumatik mesin sederhana dengan menggunakan sensor proximity induktif/kapasitif/optik
	3.23 Membaca gambar rangkaian elektropneumatik dengan silinder lebih dari satu

KI 4 Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan	4.1.3 Menggambar rangkaian elektropneumatik
	4.14 Menunjukkan komponen-komponen listrik dengan melihat simbolnya dan mengecek awal komponen.
	4.15 Menunjukkan katup solenoid dengan melihat simbolnya dan mengecek awal komponen.
	4.16 Merangkai dan menjalankan rangkaian elektropneumatik secara langsung dan tidak langsung.
	4.17 Menerapkan konsep rangkaian seri paralel pada rangkaian elektropneumatik
	4.18 Merangkai dan menjalankan silinder dengan rangkaian pengunci
	4.19 Merangkai dan menjalankan silinder dengan timer listrik dan sensor tekanan.
	4.20 Merangkai dan menjalankan rangkaian elektropneumatik dengan menggunakan vacum generator
	4.21 Merangkai dan menjalankan mesin elektropneumatik sederhana dengan menggunakan sensor proximity magnetik.
	4.22 Merangkai dan menjalankan mesin elektropneumatik sederhana dengan menggunakan sensor proximity induktif/kapasitif/optik

	4.23 Mengoperasikan dan merawat mesin elektropneumatik dengan silinder lebih dari satu.

B. Deskripsi

Proses produksi di industri banyak terjadi proses pemindahan benda atau bahan dari satu lokasi ke lokasi lainnya, proses menahan, membentuk, mengepres produk. Sistem penggerak mesin dapat menggunakan tenaga udara tekan, listrik, atau fluida. Sistem berbasis pemanfaatan udara tekan disebut pneumatik, sedangkan kontrol dari sistem tersebut biasanya menggunakan elektronik, sehingga sering disebut dengan elektropneumatik. Pelajaran pneumatik dan hidrolik diberikan di kelas XI dan XII selama 4 semester dengan pembagian sebagai berikut:

Pneumatik kelas XI semester 1, Elektropneumatik kelas XI semester 2, Hidrolik kelas XII semester 1, Elektrohidrolik kelas XII semester 2.

Buku pelajaran elektropneumatik kelas XI semester 2 ini membahas tentang

1. Pengantar Elektropneumatik
2. Komponen Kontrol Elektronik
3. Katup Solenoid dan Katup Pengarah
4. Rangkaian Elektropneumatik Satu Silinder
5. Rangkaian Elektropneumatik Dua Silinder
6. Aplikasi Elektropneumatik dengan Kontrol Berbasis PLC

C. Waktu

Waktu yang dibutuhkan untuk membelajari modul ini adalah 72 jam pelajaran dengan rincian sebagai berikut

1. Kegiatan Belajar 1 : Pengantar Elektropneumatik (1 x 6 JP)
2. Kegiatan Belajar 2 : Komponen Kontrol Elektronik (2 x 6 JP)
3. Kegiatan Belajar 3 : Katup Solenoid dan Katup Pengarah (1 x 6 JP)
4. Kegiatan Belajar 4 : Rangkaian Elektropneumatik Satu Silinder (2 x 6 JP)
5. Kegiatan Belajar 5 : Rangkaian Elektropneumatik Dua Silinder (3 x 6 JP)

6. Kegiatan Belajar 6 : Aplikasi Elektropneumatik dengan Kontrol Berbasis PLC (3 x 6 JP)

D. Prasyarat

Pelajaran pneumatik dan hidrolik kelas X semester 1 merupakan pelajaran yang tergabung dalam pelajaran C3 pada paket keahlian Teknik Mekatronika. Pelajaran ini diberikan bersamaan dengan pelajaran Mekanika & Elemen Mesin, Teknologi Mekanik dan Teknik Kontrol. Untuk mempelajari ini pelajaran pendukungnya adalah pelajaran C1 yaitu Fisika dan Gambar Teknik, dan pelajaran C2 yaitu Teknik Listrik dan Teknik Elektronika.

E. Petunjuk Penggunaan Modul

Buku pelajaran ini dapat digunakan siapa saja terutama siswa-siswa SMK Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa, terutama untuk program studi keahlian Teknik Mesin, Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik dan Teknik Elektronika yang ingin mempelajari dasar-dasar pneumatik dengan kontrol elektronik dan PLC. Khusus siswa-siswa SMK Paket Keahlian Mekatronika dan Paket keahlian Teknik Mekatronika, buku pelajaran ini dapat memenuhi tuntutan profil kompetensi tamatan.

Buku pelajaran ini berisi 3 kegiatan pembelajaran yaitu : Kegiatan Belajar 1; Pengantar Elektropneumatik, Kegiatan Belajar 2; Komponen Kontrol Elektronik, Kegiatan Belajar 3; Katup Solenoid dan Katup Pengarah, Kegiatan Belajar 4; Rangkaian Elektropneumatik Satu Silinder, Kegiatan Belajar 5; Rangkaian Elektropneumatik Dua Silinder, Kegiatan Belajar 6; Aplikasi Elektropneumatik dengan Kontrol Berbasis PLC.

Setiap kegiatan belajar berisi informasi teori, tugas dan tes formatif. Tugas-tugas merupakan kegiatan praktek. Informasi pelaksanaan praktek dapat dibaca di lembar kerja peserta didik. Tes formatif berisi pertanyaan-pertanyaan baik teori maupun hasil praktek. Mulailah mempelajari teori terlebih dahulu kemudian lakukan kegiatan praktikum. Belajarlah secara urut dari kegiatan 1 sampai kegiatan 3. Setiap tugas lakukan secara berkelompok, bagilah tugas dengan

teman kelompokmu. Setelah selesai mengerjakan tugas buat laporan dan presentasikan ke teman-teman kelompok lain. Setiap melakukan kegiatan praktek ikuti petunjuk operasionalnya.

1. **Metode Penyampaian**

   Penggunaan modul ini bisa dilakukan dengan beberapa penyampaian utama. Modul bisa digunakan secara mandiri, berkelompok maupun dengan bantuan instruktur. Modul ini dibuat untuk membantu proses pembelajaran dalam tiga kondisi tersebut

   a. **Penggunaan Mandiri**

      Modul ini dapat digunakan secara mandiri dan otodidak bagi peserta didik dan pelatihan yang sedang belajar mengenai sistem robotika industri. Pengenalan dan latihan dapat dilakukan secara mandiri tetapi sangat dianjurkan bagi pemula untuk bertanya dan berkonsultasi dengan instruktur atau guru.

   b. **Penggunaan Berkelompok**

      Pembelajaran dengan sistem berkelompok atau bersama-sama sangat membantu proses pembelajaran lebih cepat dan efisien karena masalah dan pemahaman bisa dapat dicari solusi secara bersama-sama. Jika terdapat masalah bisa juga ditanyakan langsung dengan yang sudah memahami ataupun instruktrur yang ada

   c. **Penggunaan dengan bantuan Instruktur**

      Umumnya dilakukan dalam kelas dan jadwal yang sudah ditentukan baik pelajaran formal di sekolah menengah kejuruan ataupun sekolah vokasi tetapi bisa juga digunakan untuk training sekolah atau industri dalam bentuk kegiatan non formal.

2. **Tugas-tugas belajar untuk siswa**

   Selesaikan seluruh tugas belajar untuk elemen ini dengan mengerjakan hal-hal berikut mengikuti petunjuk di bawah ini :

   a. Baca dan pahami setiap tugas.
   b. Dapatkan sumber-sumber yang diperlukan.

c. Baca secara sekilas setiap referensi untuk memperoleh tinjauan umum isi referensi tersebut.
d. Pelajari referensi dan catat hal-hal yang penting.
e. Kerjakan tugas-tugas praktik.

F. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan peserta didik dapat Memahami sistem elektropneumatik, Mengidentifikasi elemen kontrol elektropneumatik., Merangkai dan menjalankan rangkaian elektropneumatik, Menganalisis rangkaian elektropneumatik dua silinder dengan limit switch, dan Menganalisis rangkaian elektropneumatik dengan menggunakan kontrol berbasis PLC

G. Cek Penguasaan Standar

Pokok Pengetahuan dan Keterampilan

1. Pengenalan Sistem Elektropneumatik dan Komponennya.

Tugas	Ya	Tidak	Perlu Latihan
1. Menunjukkan komponen pneumatik			
2. Menunjukkan komponen elektronik dan elemen kontrol			
3. Menjelaskan unit komponen dalam elektropneumatik			
4. Mengelompokkan komponen sesuai jenisnya			

2. Pembuatan Rangkaian Elektropneumatik pada Aplikasi FluidSIM 5 Demo

Tugas	Ya	Tidak	Perlu Latihan
1. Membuat diagram langkah urutan kerja			
2. Membuat rangkaian pneumatik			

3. Membuat rangkaian kontrol elektronik			
4. Membaca dan menganalisis rangkaian elektropneumatik			

3. Pembuatan Aplikasi Rangkaian Pneumatik dengan Kontrol Berbasis PLC

Tugas	Ya	Tidak	Perlu Latihan
1. Membuat diagram langkah urutan kerja			
2. Membuat rangkaian pneumatik			
3. Membuat rangkaian Input-Output PLC			
4. Membuat program dengan bahasa pemrograman ladder diagram atau function block diagram			
5. Membaca dan menganalisis program PLC			

BAB II
PEMBELAJARAN

A. Kegiatan Belajar ke-1 (1 x 6 JP = 6 JP)

1. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan peserta didik dapat :

a. Memahami sistem elektropneumatik.
b. Mengidentifikasi elemen kontrol elektropneumatik.
c. Mengenal simbol pneumatik dan elektronik pada sistem elektropneumatik.
d. Membaca diagram kontrol elektropneumatik.

2. Uraian Materi

Sistem Elektropneumatik

a. Pendahuluan Sistem Elektropneumatik

Perkembangan teknologi kontrol semakin pesat khususnya pada proses dan manufaktur di industri. Teknologi kontrol tersebut merupakan gabungan dari berbagai disiplin ilmu seperti *pneumatics*, *mechanics*, *electric control*, *computer and information technology*. Desain peralatan dan mesin produksi modern pada konstruksi mekanik dengan menggunakan aktuator pneumatik, hidrolik, dan elektronik dan motor sebagai penggeraknya, sedangkan PLC sebagai pengendalinya.

Udara merupakan sumber daya alam yang sangat melimpah serta mudah diperoleh. Udara dapat digunakan sebagai penggerak untuk mengendalikan peralatan dan komponen yang ada di industri. Teknologi tersebut biasa disebut dengan pneumatik. Istilah pneumatik berasal dari bahasa Yunani, pneuma = udara. Peralatan dan komponen industri yang digerakkan bersumber dari udara yang telah dimampatkan (*compressed*

air) kemudian akan disalurkan ke sistem sehingga dapat bekerja sesuai dengan desainnya.

Berikut ini diberikan beberapa karakteristik positif dari udara untuk sistem otomasi pneumatik

- *Quantity*: Tersedia di mana saja dan tak terbatas.
- *Transportation*: Mudah disalurkan melalui pipa.
- *Storage*: Dapat disimpan di dalam tanki atau botol.
- *Temperature*: Udara tidak sensitif terhadap fluktuasi suhu.
- *Explosion-proof*: Udara tekan tidak menyebabkan terjadinya ledakan.
- *Cleanliness*: Udara tekan sangat bersih tidak menimbulkan polusi.
- *Construction*: Konstruksi komponen pneumatik relatif sederhana.
- *Speed*: Udara tekan merupakan *working medium* yang mempunyai respon cepat yakni: 1-2 m/s.

Sedangkan, karakteristik negatif dari pneumatik adalah sebagai berikut.

- *Preparation*: Udara tekan yang digunakan sebagai fluida kerja pada kontrol pneumatik harus memenuhi persyaratan teknis dan perlu dipersiapkan dengan presisi, dan memerlukan peralatan yang harganya realtif mahal. Udara tekan harus bebas dari debu dan uap air (*moisture*), karena dapat merusak komponen pneumatik.
- *Force*: Udara tekan mencapai titik ekonomisnya pada tekanan 700 kPa atau 7 bar dengan daya tekan sebesar 20.000 – 30.000 N.
- *Exhaust air*: *Exhaust* air sangat bising, sehingga memerlukan material yang dapat menyerap suara.
- *Cost*: Udara kempa merupakan medium yang relatif mahal.

Elektropneumatik merupakan pengembangan dari pneumatik, yaitu media kerja atau tenaga penggerak menggunakan energi pneumatik sedangkan media kontrolnya menggunakan sinyal listrik. Sinyal listrik dialirkan melalui sakelar atau sensor yang berfungsi sebagai penyambung dan pemutus sinyal dari sumber energi listrik ke kumparan

(*selenoid valve*) sehingga menimbulkan medan elektromagnetik yang digunakan untuk mengaktifkan/mengaktuasikan katup pengatur arah sebagai elemen akhir pada rangkaian kerja pneumatik. Katup pengatur arah tersebut akan mengaktifkan atau menyegerakan elemen kerja pneumatik seperti silinder yang akan bekerja menjalankan sistem.

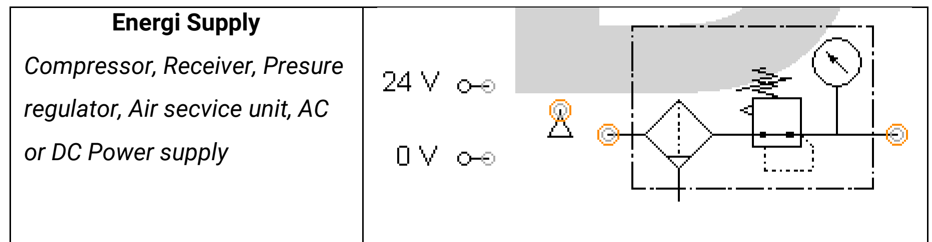
b. Susunan rangkaian elektropneumatik

Struktur dari komponen elektropneumatik terdiri dari empat bagian yaitu

1) *Supply Energi* (*Compressor air & Electrical*)
2) *Input Elemen* (*Push Button/Sensor/Limit Switch*)
3) *Processing Elements* (*Switching logic, Selenoid valve, Pneumatik to Electric converter*)
4) *Actuator and Final Control elemen* (*cylinder, motor, directional Control valve*)

Tabel 1. Susunan Rangkaian Elektropneumatik

Actuators *Pneumatic cylinders, Rotary actuators, Lamp, Buzzers*	
Control Elements *Directional control valve, Relay*	4 2 5 3 2 1 3
Processors *Selenoid actuated directional control valve, Logic elementens pneumatik/Electric converter*	2 1 3 A1 A2 3 4 1 2
Sensors *Limit switch, Pushbutton, Proximity sensor*	3 4 1 2 3 4 1 4 3

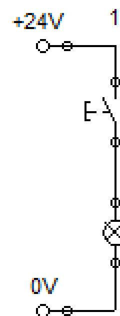
Energi Supply *Compressor, Receiver, Presure regulator, Air secvice unit, AC or DC Power supply*	

c. Sumber energi listrik

Bagian kontrol sinyal elektronik akan disuplai dengan catu daya melalui bagian utama elektris. Unit catu daya berfungsi untuk :

- Penurun tegangan dari 220 V menjadi tegangan rendah 24 V sebagai *output*
- Penyearah yang mengkonversikan tegangan AC menjadi tegangan DC, dan kapasitor pada output penyearah berfungsi untuk meratakan tegangan tersebut.
- Regulator tegangan diperlukan pada *output* unit catu daya untuk menjamin agar tegangan output konstan tanpa dipengaruhi oleh aliran arus yang mengalir ke beban.

Komponen dasar dari sinyal listrik yaitu menggunakan listrik DC 24 Volt. Rangkaian listrik sederhana listrik terdiri dari sumber tegangan DC, beban dan sistem pengawatannya.



Gambar 1. Rangkaian Elektronik Sederhana

Berdasarkan gambar tersebut dapat dijelaskan ketika sakelar ditekan (posisi menutup) maka arus akan mengalir melalui kabel penghantar menuju beban sehingga lampu akan menyala.

d. Sakelar

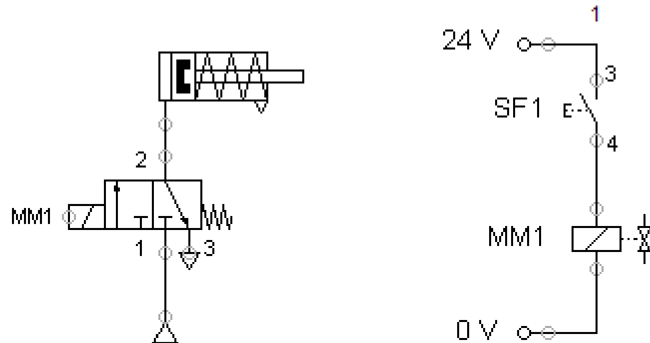
Sakelar adalah komponen dalam rangkaian elektronik yang berfungsi untuk memutuskan atau menyambungkan arus ke beban. Berdasarkan cara kerjanya sakelar terdiri dari dua jenis yaitu sakelar *push button* dan *detent switch*.

- *Detent switch* yaitu sakelar yang digerakkan secara mekanis dalam menentukan posisi ON atau OFF pada kontaknya. Posisi tersebut tidak akan kembali ke posisi semula (tetap) selama posisi akhir dari tuas mekaniknya tidak diubah.
- *Push button* yaitu sakelar yang akan bekerja selama tuas dari sakelar tersebut ditekan, dan akan kembali ke posisi semula bila sakelar tersebut sudah tidak ditekan kembali.

Berdasarkan jenis kontaknya sakelar terdiri dari dua jenis yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC).

- *Normally Open* yaitu sakelar dengan posisi awal kontak terbuka sebelum ditekan atau diaktuasi dan akan tertutup jika ditekan atau diaktuasi.
- *Normally* Close yaitu sakelar dengan posisi awal kontak tertutup sebelum ditekan atau diaktuasi dan akan terbuka jika ditekan atau diaktuasi.

e. Instalasi Rangkaian Elektro-Pneumatik



Instalasi rangkaian pneumatik   Instalasi rangkaian elektronik

Gambar 2. Instalasi Rangkaian Elektro-Pneumatik

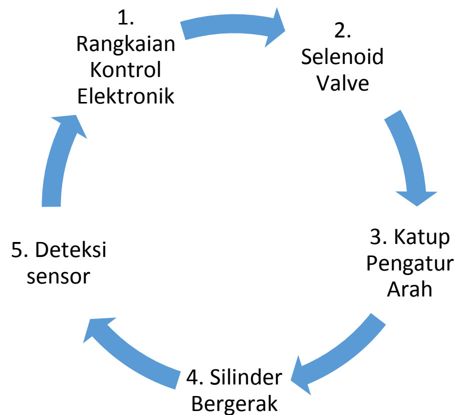
Berdasarkan gambar tersebut maka dapat dijelaskan bahwa *solenoid valve* MM1 pada rangkaian pneumatik saling berkaitan dengan rangkaian elektronik. Gambar tersebut dapat dijelaskan jika *push button* SF1 ditekan (posisi menutup) maka solenoid akan timbul medan elektromagnetik yang berfungsi mengaktifkan katup pengarah 3/2 sehingga silinder *single action* akan bekerja maju. Kemudian jika *push button* SF1 dilepas (posisi membuka) maka solenoid akan hilang medan elektromagnetik sehingga katup pengarah 3/2 akan kembali ke posisi normal dan silinder *single action* akan mundur karena dorongan dari pegas.

Pada sistem pengontrolan elektropneumatik tidak digambar dalam diagram rangkaian keseluruhan yang tunggal (menyatu), namun dalam dua diagram rangkaian terpisah, sehingga aliran sinyal tidak tampak dengan jelas.

Struktur dan model operasi dari suatu pengontrolan elektropneumatik adalah sebagai berikut.

1. Bagian rangkaian sinyal kontrol elektronik akan mengaktifkan katup kontrol arah yang diaktuasikan secara elektrik melalui *selenoid valve*.

2. Katup kontrol arah menyebabkan silinder bergerak maju dan mundur
3. Posisi dari silinder akan dideteksi oleh sensor dan dilaporkan kepada bagian rangkaian kontrol elektronik.



Gambar 3. Struktur dan Model Operasi Elektropneumatik

3. Rangkuman

Teknologi tersebut biasa disebut dengan pneumatik. Istilah pneumatik berasal dari bahasa Yunani, pneuma = udara. Peralatan dan komponen industri yang digerakkan bersumber dari udara yang telah dimampatkan (*compressed air*) kemudian akan disalurkan ke sistem sehingga dapat bekerja sesuai dengan desainnya. Karakteristik positif dari udara untuk sistem otomasi pneumatik adalah *Quantity*, *Transportation*, *Storage*, *Temperature*, *Explosion-proof*, *Cleanliness*, *Construction*, *Speed*. Sedangkan karakteristik negatif dari pneumatik adalah *Preparation*, *Force*, *Exhaust air*, *Cost*. Elektropneumatik merupakan pengembangan dari pneumatik, yaitu media kerja atau tenaga penggerak menggunakan energi pneumatik sedangkan media kontrolnya menggunakan sinyal listrik.

Susunan rangkaian elektropneumatik adalah *Supply Energi* (*Compressor air & Electrical*), *Input Elemen* (*Push Button/Sensor/Limit Switch*), *Processing Elements* (*Switching logic, Selenoid valve, Pneumatik to Electric*

converter), *Actuator and Final Control elemen* (*cylinder, motor, directional Control valve*).

Sakelar adalah komponen dalam rangkaian elektronik yang berfungsi untuk memutuskan atau menyambungkan arus ke beban. Berdasarkan cara kerjanya sakelar terdiri dari dua jenis yaitu sakelar *push button* dan *detent switch*. Sedangkan Berdasarkan jenis kontaknya sakelar terdiri dari dua jenis yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC).

4. Tugas

Amati rangkaian elektropneumatik, diskusikan dengan teman dalam kelompok mengenai

a. Bagian-bagian dari sistem rangkaian elektropneumatik sederhana
b. Komponen utama sistem elektropneumatik
c. Prinsip kerja dari sistem rangkaian elektropneumatik sederhana

5. Tes Formatif

Pilihlah salah satu jawaban yang tepat !

1) Istilah pneumatik berasal dari bahasa Yunani yaitu pneuma yang berarti...
   a. Udara
   b. Air
   c. Fluida
   d. Elektronik
   e. Tekanan
2) Karakteristik positif dari udara adalah ...
   a. *Preparation*
   b. *Force*
   c. *Exhaust air*
   d. *Cost*
   e. *Speed*
3) Karakteristik negatif dari udara adalah ...
   a. *Quality*
   b. *Cost*

c. *Storage*
d. *Transportation*
e. *Contruction*

4) Berikut ini adalah susunan elektropneumatik yang paling tepat adalah
   1. *Supply Energi*
   2. *Processing Elements*
   3. *Input Elemen*
   4. *Actuator and Final Control elemen*

   a. 1-3-2-4
   b. 1-2-3-4
   c. 4-2-3-1
   d. 4-3-2-1
   e. 4-1-2-3

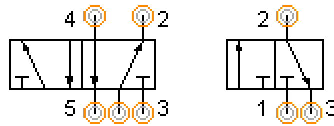
5) Salah satu komponen dari *Input Element* adalah ...
   a. *Directional control valve*
   b. *Cylinder*
   c. *Switching logic*
   d. *Compressor air & electrical*
   e. *Sensor*

6) Sakelar yang digerakkan secara mekanis dalam menentukan posisi ON atau OFF pada kontaknya, posisi tersebut tidak akan kembali ke posisi semula (tetap) selama posisi akhir dari tuas mekaniknya tidak diubah kembali, jenis sakar tersebut adalah ...
   a. *Limit switch*
   b. *Normally Open*
   c. *Push button*
   d. *Detent switch*
   e. *Normally Close*

7) Sekelar dengan posisi awal kontak tertutup sebelum ditekan atau diaktuasi, dan akan terbuka jika ditekan atau diaktuasi, jenis sakar tersebut adalah ...
   a. *Limit switch*
   b. *Normally Open*

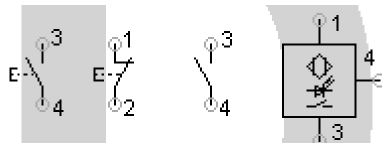
c. *Push button*
d. *Detent switch*
e. *Normally Close*

8) Perhatikan gambar berikut ! Gambar tersebut termasuk susunan rangkaian elektropneumatik pada bagian ...



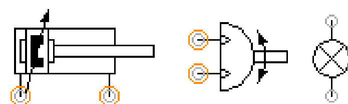
a. *Actuators*
b. *Control Elememts*
c. *Processors*
d. *Sensors*
e. *Energi Supply*

9) Perhatikan gambar berikut ! Gambar tersebut termasuk susunan rangkaian elektropneumatik pada bagian ...



a. *Actuators*
b. *Control Elememts*
c. *Processors*
d. *Sensors*
e. *Energi Supply*

10) Perhatikan gambar berikut ! Gambar tersebut termasuk susunan rangkaian elektropneumatik pada bagian ...



a. *Actuators*
b. *Control Elememts*
c. *Processors*
d. *Sensors*
e. *Energi Supply*

6. Kunci Jawaban Formatif

1) A
2) E
3) B
4) A
5) E
6) D
7) E
8) B
9) D
10) A

7. Lembar Kerja

Jawablah pertanyaan di bawah ini !

1) Jelaskan pengertian dari elektropneumatik !

Jawab : ____

____

____

____

____

____

____

2) Jelaskan perbedaan antara pneumatik dan elektropneumatik !

Jawab : ____

____

____

____

____

____

____

3) Jelaskan pembagian sakelar berdasarkan cara kerjanya dan jenis kontaknya !

Jawab : ____

____

____

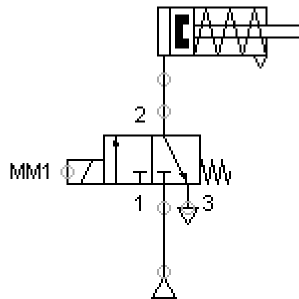
____

____

____

____

4) Perhatikan gambar berikut! Jelaskan cara kerja dari rangkaian pneumatik tersebut ketika *solenoid valve* MM1 aktif dan tidak aktif !



Jawab : ____

____

____

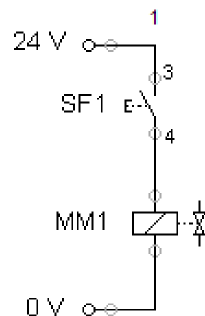
____

____

____

____

5) Perhatikan gambar berikut! Jelaskan cara kerja dari rangkaian elektronik tersebut ketika *push button* SF1 ditekan dan dilepas !



Jawab : ____

____

____

____

____

____

____

B. Kegiatan Belajar ke-2 (3 x 6 JP = 18)

1. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan peserta didik dapat :

a. Menjelaskan macam-macam komponen listrik yang digunakan untuk mengoperasikan suatu mesin pada rangkaian elektropneumatik.

b. Menjelaskan cara kerja komponen listrik yang digunakan untuk mengoperasikan suatu mesin pada rangkaian elektropneumatik.

c. Menunjukkan komponen-komponen listrik dengan melihat simbolnya dan mengecek kondisi awal komponen.

2. Uraian Materi

Komponen Kontrol Elektronik

a. Limit switch

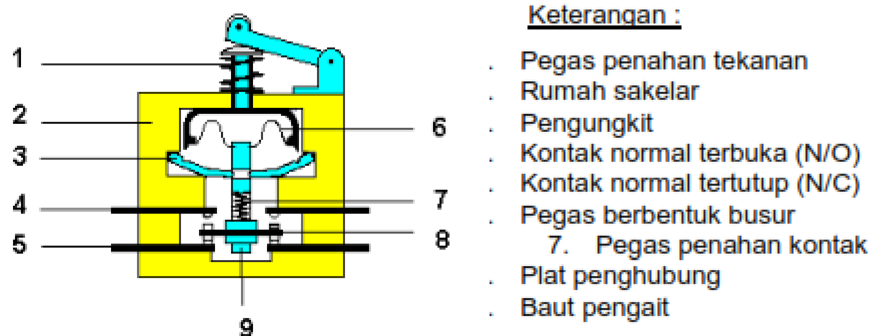
Limit switch adalah suatu jenis sensor yang berfungsi untuk mendeteksi gerakan dari bagian mesin yang menyentuh *roller* atau tuas dari *limit switch* tersebut sehingga kontak-kontak yang ada pada bagian dalamnya ikut bekerja. Kontak-kontak tersebut dihubungkan ke rangkaian kontrol elektropneumatik.



Gambar 4. *Limit Switch* Elektronik

Apabila suatu bagian mesin menyentuh *roller* atau tuas dari *limit switch* maka limit *switch* tersebut akan mengeluarkan sinyal elektrik

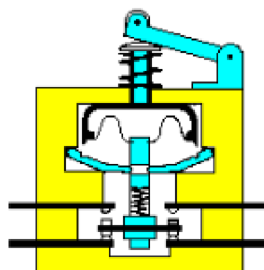
untuk mengendalikan suatu sistem. Limit *switch* ini biasa digunakan untuk memutuskan atau menyambungkan aliran arus pada rangkaian kontrol elektronik. Konstruksi dari *limit switch* dapat dilihat pada gambar berikut.



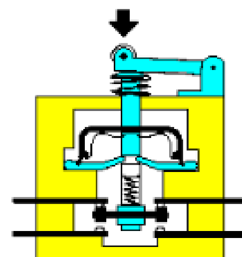
Gambar 5. Konstruksi *Limit Switch*

Kondisi *limit switch* tidak aktif (tuas rol tidak tertekan) kontak NO terbuka dan kontak NC tertutup. Jika rol tertekan dengan tekanan lebih besar daripada gaya pegas penahan tekanan, maka pengungkit menarik plat penghubung kontak ke atas sehingga kontak NO menjadi tertutup dan kontak NC menjadi terbuka. Bila tekanan pada rol hilang, maka pegas penahan tekanan kembali ke posisi semula dan pegas penahan kontak menekan plat penghubung kontak ke bawah sehingga posisi kontak kembali seperti semula. Cara kerja *limit switch* dapat dilihat pada gambar berikut.

Posisi tidak aktif (tuas rol tidak tertekan)



Posisi aktif (tuas rol tertekan)



Gambar 6. Cara Kerja *Limit Switch*

b. Sakelar Proksimitas (proximity switch)

Sensor *proximity* berbeda dengan *limit switch*, sensor *proximity* bekerja tanpa kontak langsung dengan objeknya dan tanpa gerakan mekanik. Sehingga sakelar tersebut bisa bertahan lebih lama dan kinerjanya sangat handal. Jenis sakelar proksimitas dibedakan sebagai berikut.

1) *Red Switch*

Red switch adalah sakelar proksimitas yang bekerja secara kemagnetan, terdiri dari dua kontak yang diletakan di dalam tabung gelas berisi gas. Medan magnet yang menyebabkan kedua kontak tersebut terhubung sehingga dapat mengalirkan arus listrik.

2) *Proximity Switch Inductif*

Sensor proximity inductif terdiri dari oscilator (1), frekuensi modulasi (2) dan amplifier (3). Bila sumber tegangan dihubungkan, oscilator tersebut membangkitkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi yang terinduksi di depan sensor. Sensor *proximity inductif* dapat digunakan untuk mendeteksi objek logam.

3) *Proximity Switch Capasitif*

Sensor proximity capacitif sama dengan *Sensor proximity inductif* terdiri dari osilator (1), frekuensi modulasi (2) dan amplifier (3). Bila sumber tegangan dihubungkan, oscilator RC tersebut membangkitkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi yang terinduksi di depan sensor. *Sensor proximity inductif* dapat digunakan untuk mendeteksi objek non logam.

4) *Proximity Switch Optic*

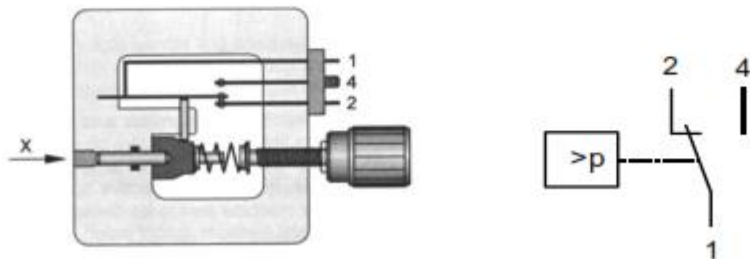
Sensor proximity optic memanfaatkan sarana optik dan elektronik untuk mendeteksi suatu objek menggunakan cahaya inframerah. *Light Emiting Diode* (LED) digunakan sebagai pembangkit cahaya inframerah dan foto transistor dimanfaatkan sebagai penerima. *Sensor proximity optic* dapat dibedakan menjadi tiga macam :

- Penghambat cahaya searah
- Penghambat cahaya reflektif
- Sensor optik reflektif tersebar (*difuse*)

c. Sensor tekanan

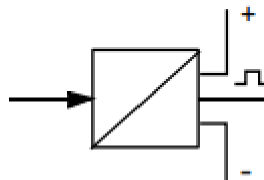
Ada beberapa jenis sensor tekanan yaitu (1) sensor tekanan dengan kontak mekanik, (2) sensor tekanan dengan *switching electronic*, (3) Sensor tekanan elektronik dengan sinyal output analog.

Sensor tekanan mekanik akan bekerja jika tekanan mengaktifkan permukaan silinder, jika tekanan melebihi gaya pegas, maka piston bergerak menghubungkan kontak listrik



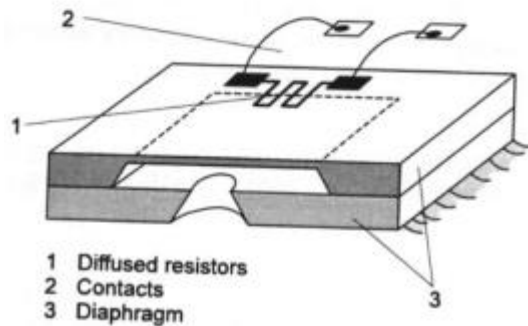
Gambar 7. Sensor Tekanan dan Simbolnya

Sensor tekanan elektrik adalah sensor yang berfungsi sebagai pengganti dari pergerakan suatu kontak mekanik. Dengan memanfaatkan sensor yang peka terhadap gaya atau tekanan, selanjutnya sinyal dari sensor tersebut diproses oleh suatu rangkaian elektronik. Simbol sensor tekanan dengan switching elektronik adalah sebagai berikut.



Gambar 8. Simbol Sensor Tekanan *Switching Electronic*

Pada gambar berikut menunjukkan prinsip kerja sensor tekanan dengan *piezoresistive*.

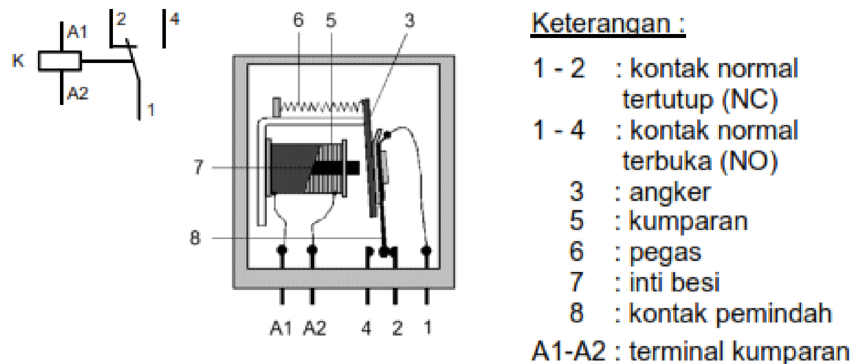


Gambar 9. *Piezoresistive*

Tahanan suatu resistor berubah dari nilainya jika tekanan diberikan ke membran. Melalui kontak tahanan dihubungkan ke rangkaian elektronika untuk membangkitkan sinyal output.

d. Relay

Relay adalah komponen untuk penyambung saluran dan pengontrol sinyal, yang kebutuhan energinya relatif kecil. Relay ini biasanya difungsikan dengan elektromagnet yang dihasilkan dari kumparan. Pada awalnya relay ini digunakan pada peralatan telekomunikasi yang berfungsi sebagai penguat sinyal. Tapi sekarang sudah umum didapatkan pada perangkat kontrol, baik pada permesinan ataupun yang lainnya.



Gambar 10. Konstruksi Relay

Pemilihan relay yang sesuai kebutuhan harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain:

- Perawatan yang minim
- Kemampuan menyambungkan beberapa saluran secara *independent*
- Mudah adaptasi dengan tegangan operasi dan tegangan tinggi
- Kecepatan operasi tinggi, misalnya waktu yang diperlukan untuk menyambungkan saluran singkat.

Cara kerja relay adalah sebagai berikut, Apabila pada lilitan dialiri arus listrik maka arus listrik tadi akan mengalir melalui lilitan kawat dan akan timbul medan magnet yang mengakibatkan pelat yang ada di dekat kumparan akan tertarik ataupun terdorong sehingga saluran dapat tersambung ataupun terputus. Hal ini tergantung apakah sambungannya NO atau NC. Bila tidak ada arus listrik maka pelat tadi akan kembali ke posisi semula karena ditarik dengan pegas. Berikut ini adalah tabel dari simbol relay.

Tabel 2. Simbol Relay

Deskripsi	**Simbol**
Relay *Normally Open*	K1 A1 A2 13 23 33 43 14 24 34 44
Relay *Normally Closed*	K1 A1 A2 11 21 31 41 12 22 32 42
Kombinasi NO & NC	K1 A1 A2 13 23 31 41 14 24 32 42

Penunjukan angka pada relay mempunyai arti sebagai berikut. Angka yang pertama menunjukkan urutan kontak sedangkan angka yang kedua selalu bernomor 3-4 untuk relay NO dan 1-2 untuk relay yang NC.

Keuntungan penggunaan relay

- Mudah mengadaptasi bermacam-macam tegangan operasi
- Tidak mudah terganggu dengan adanya perubahan temperatur disekitarnya, karena relay masih bisa bekerja pada temperatur 233 K (-40 °C) sampai 353 K (80 °C)
- Mempunyai tahanan yang cukup tinggi pada kondisi tidak kontak
- Memungkinkan untuk menyambungkan beberapa saluran secara *independent*
- Adanya isolasi logam antara rangkaian kontrol dan rangkaian utama

Kerugian penggunaan relay.

- Khususnya untuk NO, bila akan diaktifkan timbul percikan api
- Memerlukan tempat yang cukup besar
- Bila diaktifkan, berbunyi
- Kontaktor bisa terpengaruh dengan adanya debu
- Kecepatan menyambung atau memutus saluran terbatas.

e. Relai tunda waktu (*Timer*)

1) *Timer Delay ON*

Relay akan aktif setelah waktu *setting*-nya tercapai jika arus tetap mengalir, dan relay akan mati secara tiba-tiba jika arusnya hilang. Berikut ini adalah tabel simbol dari timer delay on.

Tabel 3. Simbol *Timer Delay ON*

Simbol	Keterangan
TF A1 A2	*Relay delay on*
TF 17 18	Kontak NO (*Normally Open*) dengan tunda tutupnya (ON) setelah relay aktif

TF 25 26	Kontak NC (*Normally Close*) dengan tunda buka setelah relay aktif
TF 36 38 35	Kontak CO (*Change Over*) dengan tunda tutup dan buka setelah relay aktif

2) *Timer Delaly OFF*

Relay akan aktif secara tiba-tiba jika arus mengalir dan relay akan mati setelah waktu *setting*-nya tercapai jika arusnya hilang. Berikut ini adalah tabel simbol dari *timer delay on*.

Tabel 4. *Simbol Timer Delay ON*

Simbol	Keterangan
TF A1 A2	*Relay delay off*
TF 17 18	Kontak NO (*Normally Open*) dengan tunda tutupnya (ON) setelah relay mati
TF 25 26	Kontak NC (*Normally Close*) dengan tunda buka setelah relay mati
TF 36 38 35	Kontak CO (*Change Over*) dengan tunda tutup dan buka setelah relay mati

3. Rangkuman

Komponen kontrol elektronik terdiri dari beberapa bagian, yaitu

a. *Limit Switch* (Sakelar Batas) adalah suatu jenis sensor yang berfungsi untuk mendeteksi gerakan dari bagian mesin yang menyentuh roller atau tuas dari limit switch tersebut sehingga kontak-kontak yang ada pada bagian dalamnya ikut bekerja.

b. Sakelar Poroximitas (*Proximity Switch*) terdiri dari *Red Switch, Proximity Switch Inductif, Proximity Switch Capasitif, Proximity Switch Optic.*

c. Sensor Tekanan terdiri dari sensor tekanan dengan kontak mekanik, sensor tekanan dengan *switching electronic*, Sensor tekanan elektronik dengan sinyal output analog.

d. Relay komponen untuk penyambung saluran dan pengontrol sinyal, yang kebutuhan energinya relatif kecil, terdiri dari kontak *Normally Open* dan *Normally Close*.

e. Relay Tunda Waktu terdiri dari relay *on delay* dan relay *off delay*.

4. Tugas

Amati komponen-komponen kontrol elektronik, diskusikan dengan teman dalam kelompok mengenai

a. Fungsi dan cara kerja dari komponen-komponen elektronik

b. Perbedaan *Normally Open* dan *Normally Close* pada kontrol elektronik dan kontrol pneumatik

c. Aplikasi penggunaan komponen kontrol elektronik pada rangkaian pneumatik.

5. Tes Formatif

1) Sensor yang digunakan untuk mendeteksi gerakan dari bagian mesin dengan cara sentuhan adalah ...

a. Limit switch

b. Red switch

c. Push button

d. Proximity switch

2) Sensor yang bekerja secara kemagnetan dan tanpa kontak langsung dengan benda yang dideteksi adalah ...

a. Limit switch

b. Red switch

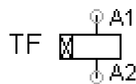
c. Push button

d. Proximity switch

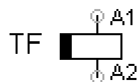
3) Sensor yang menggunakan cahaya inframerah untuk mendeteteksi suatu objek adalah...

a. *Limit switch*
b. *Red switch*
c. *Push button*
d. *Proximity switch*

4) Relay akan aktif setelah waktu settingnya tercapai jika arus tetap mengalir, dan relay akan mati secara tiba-tiba jika arusnya hilang, adalah jenis relay...
   a. *On delay*
   b. *Off delay*
   c. *Normally Close*
   d. *Normali Open*
5) Relay akan aktif secara tiba-tiba jika arus mengalir dan relay akan mati setelah waktu settingnya tercapai jika arusnya hilang, adalah jenis relay...
   a. *On delay*
   b. *Off delay*
   c. *Normally Close*
   d. *Normali Open*
6) Perhatikan gambar berikut ! simbol gambar tersebut termasuk jenis relay...



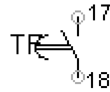
   a. *On delay*
   b. *Off delay*
   c. *Normally Close*
   d. *Normali Open*
7) Perhatikan gambar berikut ! simbol gambar tersebut termasuk jenis relay ...



   a. *On delay*
   b. *Off delay*

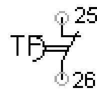
c. *Normally Close*
d. *Normali Open*

8) Perhatikan gambar berikut ! simbol gambar tersebut termasuk jenis kontak ...



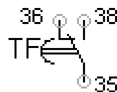
a. Kontak NO *relay on delay*
b. Kontak NC *relay on delay*
c. Kontak NO *relay off delay*
d. Kontak CO *relay on delay*

9) Perhatikan gambar berikut ! simbol gambar tersebut termasuk jenis kontak ...



a. Kontak NO *relay on delay*
b. Kontak CO *relay on delay*
c. Kontak NO *relay off delay*
d. Kontak NC *relay off delay*

10) Perhatikan gambar berikut ! simbol gambar tersebut termasuk jenis kontak ...



a. Kontak NO *relay on delay*
b. Kontak CO *relay on delay*
c. Kontak NO *relay off delay*
d. Kontak NC *relay off delay*

6. Kunci Jawaban Formatif

1) A
2) B
3) C
4) A

5) B
6) A
7) B
8) A
9) D
10) B

7. Lembar Kerja

1. Jelaskan cara kerja dan aplikasi penggunaan *limit switch* pada rangkaian elektropneumatik !

   Jawab : ____

   ____

   ____

   ____

   ____

   ____

   ____

2. Jelaskan macam-macam sakelar proksimitas (*Proximity Switch*) !

   Jawab : ____

   ____

   ____

   ____

   ____

   ____

   ____

3. Jelaskan perbedaan relay tunda waktu *on delay* dan *off delay*, serta bagaimana aplikasi penggunaannya !

   Jawab : ____

   ____

   ____

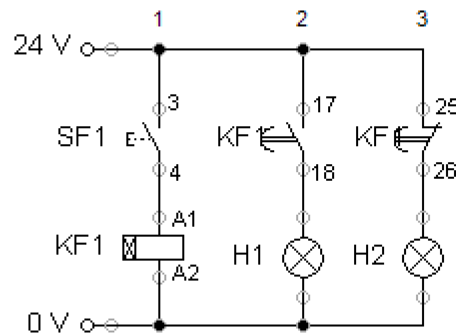
   ____

   ____

   ____

   ____

4. Perhatikan gambar berikut ! Apa yang akan terjadi pada lampu H1 dan H2, (a) jika push button SF1 ditekan sampai waktu tunda selesai ? (b) jika push button SF1 ditekan lalu dilepas sebelum waktu tunda selesai ?



Jawab : ____

____

____

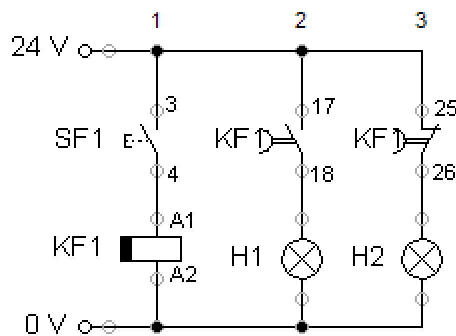
____

____

____

____

5. Perhatikan gambar berikut ! Apa yang akan terjadi pada lampu H1 dan H2, (a) jika push button SF1 ditekan sampai waktu tunda selesai ? (b) jika push button SF1 ditekan lalu dilepas sebelum waktu tunda selesai ?



Jawab : ____

____

____

____

____

____

C. Kegiatan Belajar ke-3 (1 x 6 JP = 6 JP)

1. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan peserta didik dapat :

a. Menjelaskan macam-macam katup solenoid.
b. Menjelaskan penggunaan katup pengarah dengan jenis pengaktifan solenoid.
c. Menunjukkan katup solenoid dengan melihat simbolnya dan mengecek kondisi awal komponen.

2. Uraian Materi

Katup Solenoid dan Katup Pengarah

a. Pendahuluan Solenoid

Solenoid dengan arus searah (DC) ataupun arus bolak balik (AC) dapat ditemukan di Industri, sedangkan yang sering digunakan pada Elektropneumatik adalah Solenoid DC. Solenoid DC secara konstruktif selalu mempunyai inti yang pejal dan terbuat dari besi lunak, sehingga mempunyai bentuk yang sederhana dan kokoh. Selain itu maksudnya agar diperoleh konduktansi optimum pada medan magnet. Bila ada kelonggaran udara, tidak akan mengakibatkan kenaikan temperatur operasi, karena temperatur operasi hanya akan tergantung pada besarnya tahanan kumparan serta arus listrik yang mengalir. Bila solenoid DC diaktifkan (*switched on*) maka arus listrik yang mengalir meningkat secara perlahan. Ketika arus listrik dialirkan ke dalam kumparan akan terjadi elektromagnet. Selama terjadinya induksi akan menghasilkan gaya yang berlawanan dengan tegangan yang digunakan. Bila solenoid dipasifkan (*switched* off) maka medan magnet yang pernah terjadi akan hilang dan dapat mengakibatkan tegangan induksi yang besarnya bisa beberapa kali lipat dibandingkan dengan tegangan yang ada pada kumparan. Tegangan induksi ini dapat mengakibatkan rusaknya isolasi pada gulungan koil, selanjutnya bila hal ini terjadi terus akan terjadi percikan api. Untuk mengatasi hal ini maka harus dibuat

rangkaian yang meredam percikan api, misalnya dengan memasang tahanan yang dihubungkan secara paralel dengan induktansi. Sehingga bila terjadi pemutusan arus listrik, energi akan tersimpan dalam bentuk medan magnet dan dapat hilang lewat tahanan yang dipasang tadi.

b. Simbol dan macam katup pengarah

Katup pengarah pada rangkaian pneumatik digambar dengan menggunakan simbol untuk menunjukkan fungsinya, bukan prinsip kerja dari konstruksinya. Berikut adalah tabel cara membaca katup pneumatik.

Tabel 5. Cara Menggambar Dan Membaca Katup Pneumatik

Simbol	Deskripsi
	Perubahan posisi kerja katup digambarkan dengan bentuk segi empat bujur sangkar
	Jumlah bujur sangkar yang berdekatan menunjukkan banyaknya perubahan posisi yang dimiliki oleh katup tersebut
	Fungsi dan prinsip kerja digambarkan di dalam kotak bujur sangkar. Garis menunjukkan aliran dan anak panah menunjukkan arah aliran.
	Posisi penutupan lubang-lubang katup ditunjukkan di dalam kotak oleh garis tegak lurus (bentuk siku-siku)
	Persimpangan aliran digambarkan oleh sebuah titik yang tebal atau lingkaran kecil yang diblok hitam
	Sambungan (lubang saluran masuk dan keluar) ditunjukkan oleh garis dan

	digambar di luar kotak yang menyatakan posisi normal (awal)
	Posisi lain diperoleh dengan merubah kotak bujur sangkar sampai arah alirannya sesuai terhadap sambungannya (jumlah lubang-lubangnya)
a b	Perubahan posisi katup dapat dinyatakan dengan huruf kecil, misalnya huruf a, b, c, dan seterusnya
a o b	Katup dengan 3 perubahan posisi, maka posisi tengah adalah sebagai posisi netral (posisi nirmala) demam ditandai huruf kecil "o"

Katup pengarah selalu dilengkapi dengan pembuangan udara bekas yang telah dianggap selesai memberikan tekanan terhadap aktuator. Model pembuangan udara bekas tersebut ada dua alternatif yaitu dibuang secara langsung dan lewat saluran penghubung. Pada umumnya juga telah dilengkapi dengan peredam (*silincer*) agar udara yang dibuang tidak menimbulkan kebisingan. Alat peredam suara ini biasanya tidak nampak dari luar secara fisik, melainkan dibuang sembunyi sehingga tidak akan nampak sama sekali.

Tabel 6. Cara Pembuangan Udara Bekas Dari Katup Pneumatik

2 1 3	Pembuangan aliran udara bekas tanpa harus ada pipa penghubung (langsung dibuang secara bebas), digambarkan demam segitiga langsung pada kotak di bawah lubang saluran buang

	Pembuangan aliran udara bekas melalui pipa pembuangan, digambarkan dengan garis dan segitiga pada saluran buang.

Setiap saluran penyambungan diberi tanda huruf besar atau angka bertujuan untuk menjamin bahwa katup dipasang dengan tepat. Tanda-tanda itu dibuat supaya saat membuat rangkaian diagram pneumatik menjadi lebih mudah mengkonstruksinya.

Tabel 7. Tanda dan Penomoran Pada Lubang Katup Pneumatik

No	Jenis saluran	Tanda / Penomoran		
1	Kerja (keluar dari katup)	A, B, C, ...	atau	2, 4, 6, ...
2	Tenaga (*pressure*)	P (*pressure*)	atau	1
3	Pembuangan dari katup	R, S, T, ...	atau	3, 4, 7, ...
4	Kontrol atau sinyal	X, Y, Z, ...	atau	1.2 ; 1:4 ; 1.6

Tabel 8. Jenis Pengaktifan Katup Pengarah

Jenis pengaktifan	Simbol	Keterangan
Kerja manual		Operasi tombol
		Tombol tekan
		Tuas

		Pedal kaki
		Tuas (putar) dengan pengunci (tidak reset otomatis)
Kerja mekanik		Plunjer
		Pegas
		Rol
		Rol, Idle (kerja hanya ke satu arah saja)
Kerka pneumatik		Kerja langsung oleh tekanan kerja
		Tekanan kembali (*pressure relief*)
		Tidak langsung melalui katup pilot
Kerja elektronik		Solenoid tunggal

		Solenoid ganda
Kombinasi		Solenoid ganda dan kerja pilot dengan tambahan manual
		Simbol umum + tanda ini menunjukkan keterangan pengaktifan katup tersebut

c. Standarisasi Diagram Elektronik

Komponen pada diagram kelistrikan dipresentasikan dengan simbol-simbol grafis yang distandarisasikan sesuai dengan ketentuan DIN 40900. Simbol yang digunakan untuk merepresentasikan komponen tersebut sering kali ditemukan dalam sistem kontrol elektropneumatik yang ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 9. Simbol Kontak, Fungsi Dasar dan Aktuasi Tertunda

Arah searah	
Arus bolak-balik	
Unit catu daya listrik (*rectifier*)	
Magnet permanen	
Resistor	
Koil (induksifitas)	
Indikator cahaya	
Kapasitor	

Pentanahan		
Fungsi dasar	**Otomatis balik**	**Tanpa otomatis balik**
Aktuasi tertunda	**Pelepasan tertunda**	**Aktuasi tertunda, Pelepasan tertunda**

Tabel 10. Simbol Alat yang Dioperasikan Manual

Deskripsi	**Sakelar kontak momentary**	**Sakelar jenis latching**
Kontak terbuka secara normal dioperasikan secara manual		

Kontak terbuka secara normal dioperasikan secara manual dengan menekan		
Kontak tertutup secara manual dioperasikan secara manual dengan memutar		
Kontak tertutup secara normal diorasikan secara manual dengan memutar		

Tabel 11. Penggerak Elektromekanik

Deskripsi	Simbol
Penggerak elektromekanis	
Penggerak elektromekanis dengan dua putaran sejajar	
Penggerak elektromekanis dengan dua putaran yang berlawanan	
Penggerak elektromekanis dengan relay *drop out*	
Penggerak elektromekanis dengan *delay drop out*	
Penggerak elektromekanis dengan *delay pick up* dan *drop out*	

Penggerak elektromekanis dengan relay AC (bolak-balik)	
Penggerak elektromekanis dengan relay *retentive*/tahan	
Penggerak elektromekanis dengan katup kontrol arah	

Tabel 12. Relay dan Kontraktor

Deskripsi	**Simbol**
Relay dengan tiga kontak terbuka secara normal dan satu kontak tertutup secara normal	
Relay dengan *delay drop out*	
Relay dengan *delay pick up*	
Relay *retentive*/tahan	
Relay *flasher*/berkelit	5/min
Kontaktor dengan satu kontak tertutup secara normal dan satu kontak terbuka secara normal	

Tabel 13. Simbol Sensor

Deskripsi	Simbol
Sakelar batas (*limit switch*) kontak terbuka secara normal	
Sakelar batas (*limit switch*) kontak tertutup secara normal	
Sensor proximitas, alat peka proximitas	
Sakelar proximitas (kotak terbuka secara normal) yang diaktuasikan oleh magnet	
Sakelar poximitas optic	
Sakelar proximitas induktif	
Sakelar proximitas kapasitif	
Sakelar tekan elektromekanis	>p
Sakelar tekan elektronik	P

3. Rangkuman

Solenoid dengan arus searah (DC) ataupun arus bolak balik (AC) dapat ditemukan di Industri, sedangkan yang sering digunakan pada Elektropneumatik adalah Solenoid DC. Solenoid DC secara konstruktif selalu mempunyai inti yang pejal dan terbuat dari besi lunak, sehingga mempunyai

bentuk yang sederhana dan kokoh. Selain itu maksudnya agar diperoleh konduktansi optimum pada medan magnet.

Katup pengarah pada rangkaian pneumatik digambar dengan menggunakan simbol untuk menunjukkan fungsinya, bukan prinsip kerja dari konstruksinya. Katup pengarah selalu dilengkapi dengan pembuangan udara bekas yang telah dianggap selesai memberikan tekanan terhadap aktuator. Setiap saluran penyambungan diberi tanda huruf besar atau angka bertujuan untuk menjamin bahwa katup dipasang dengan tepat. Jenis pengaktifan katup pengarah terdiri dari kerja manual, kerja mekanik, kerja pneumatik, dan kerja kombinasi.

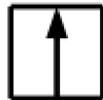
4. Tugas

Amati katup solenoid, diskusikan dengan teman dalam kelompok mengenai

a. Fungsi dan cara kerja dari katup solenoid
b. Perbedaan jenis pengaktifan manual, mekanik, elektronik dan kombinasi pada katup pengarah.
c. Aplikasi penggunaan jenis katup solenoid pada rangkaian elektropneumatik.

5. Tes Formatif

1) Mengapa katup pengarah dilengkapi dengan silincer pada saluran pembuangan udara bekas?
2) Jelaskan arti dari simbol berikut !



3) Jelaskan perbedaan jenis pengaktifan katup pengarah dengan kerja manual dan kerja mekanik !
4) Jelaskan perbedaan jenis pengaktifan katup pengarah dengan kerja pneumatik dan kerja elektronik !

5) Gambarkan simbol dari solenoid valve pada rangkaian elektronik

6. Kunci Jawaban Formatif

1) Karena agar udara pada saat dibuang tidak menimbulkan kebisingan.
2) Fungsi dan prinsip kerja digambarkan di dalam kotak bujur sangkar. Garis menunjukkan aliran dan anak panah menunjukkan arah aliran.
3) Jenis pengaktifan manual merupakan jenis pengaktifan katup pengarah yang dilakukan secara manual oleh operator, sedangkan jenis pengaktifan mekanik merupakan jenis pengaktifan katup pengarah yang diaktifkan karena teraktuasi oleh sistem.
4) Jenis pengaktifan pneumatik merupakan jenis pengaktifan katup pengarah yang teraktuasi dengan sinyal pneumatik dari sistem, sedangkan jenis pengaktifan elektronik merupakan jenis pengaktifan katup pengarah yang teraktuasi oleh sinyal elektronik.
5)

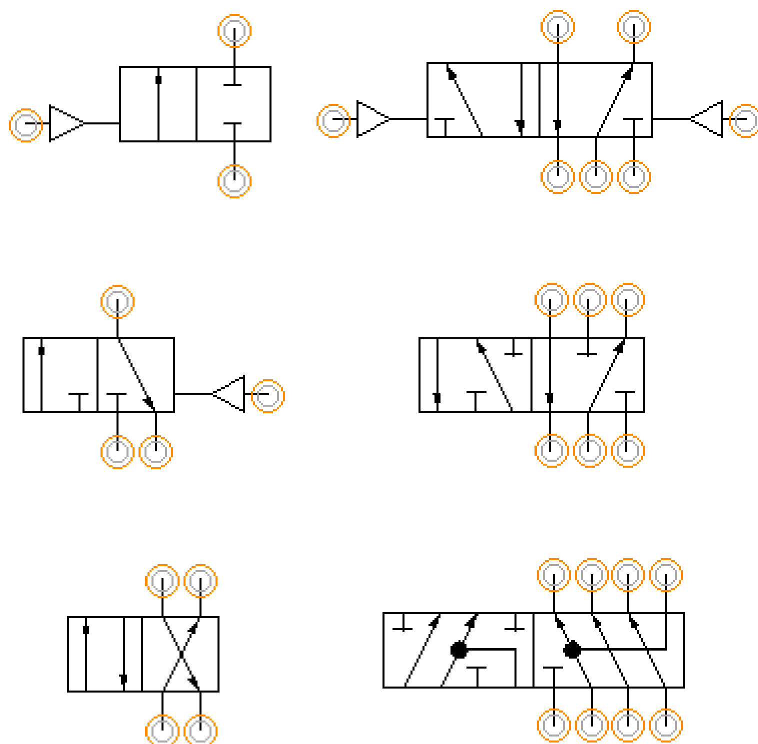
7. Lembar Kerja

1) Perhatikan tabel berikut ! lengkapilah tabel berikut dengan deskripsi dari simbol katup pengarah !

Simbol	Deskripsi

a 0 b	

2) Perhatikan gambar berikut ! lengkapilah gambar tersebut dengan tanda dan penomoran yang benar !



3) Perhatikan tabel berikut ! lengkapilah tabel berikut dengan deskripsi dari simbol jenis pengaktifan katup pengarah !

Simbol	**Keterangan**	**Jenis Pengaktifan**
	Pegas	
	Rol	
	Tuas	

	Tekanan kembali (*pressure relief*)	
	Solenoid tunggal	

4) Perhatikan tabel berikut ! lengkapilah bagian yang kosong pada tabel simbol komponen yang dioperasikan secara manual !

Simbol	Jenis Sakelar	Deskripsi

D. Kegiatan Belajar ke-4 (2 x 6 JP = 12 JP)

1. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan peserta didik dapat :

a. Menjelaskan perbedaan kontrol langsung dan tidak langsung silinder kerja tunggal
b. Menjelaskan perbedaan kontrol langsung dan tidak langsung silinder kerja ganda
c. Memahami konsep rangkaian pengunci.
d. Merangkai dan menjalankan rangkaian elektropneumatik secara langsung dan tidak langsung.
e. Merangkai dan menjalankan silinder dengan rangkaian pengunci.

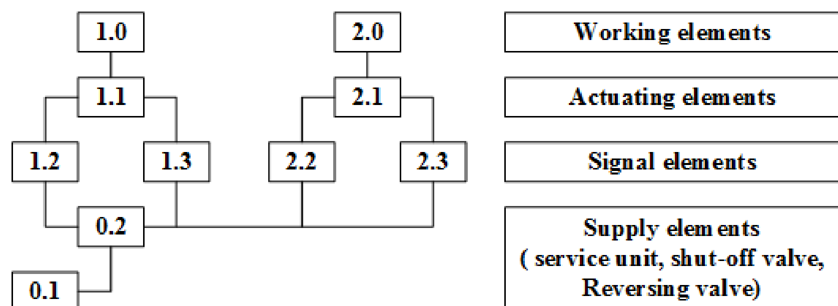
2. Uraian Materi

Rangkaian Elektropneumatik dengan Satu Silinder

a. Pendahuluan

Setelah mengenal simbol-simbol pneumatik maka selanjutnya merancang sirkuit elektropneumatik dengan menggunakan grafik - simbol. Hal ini akan memudahkan untuk memahaminya dibandingkan jika menggambar rangkaian dengan menggunakan gambar komponen sesungguhnya.

Aturan tata letak untuk merancang diagram sirkuit elektropneumatik adalah sebagai berikut.



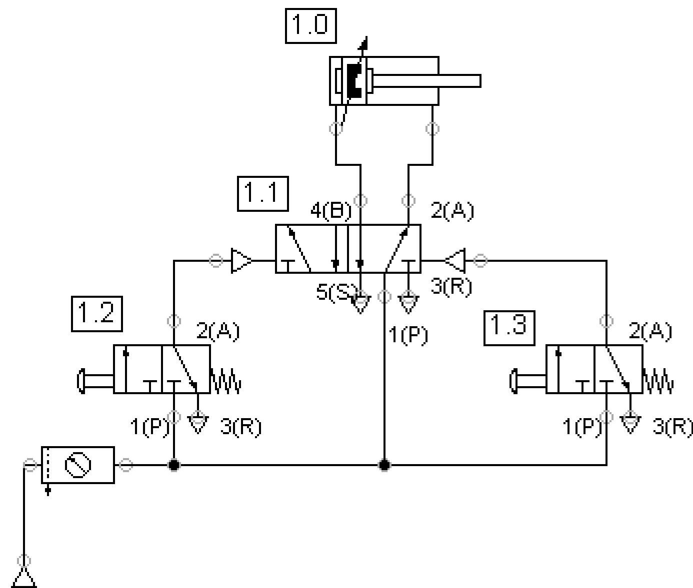
Gambar 11. Aturan Tata Letak Diagram Sirkuit Elektropneumatik

Penggerak, kelompok katup-katup dan *supply elementer* diberi nomor atau angka. Digit pertama menunjukkan nomor aktuator dan aktuator yang dikontrol oleh unit yang sedang bekerja.

Contoh : 1.0 ; 2.0 ; 3.0 → Aktuator (*working elements*)

1.1 ; 1.2 → katup-katup yang mengontrol aktuator no 1

2.1 ; 2.2 → katup-katup yang mengontrol aktuator no 2



Gambar 12. Sirkuit Pneumatik

Diagram rangkaian sistem elektropneumatik digambarkan secara terpisah antara rangkaian pneumatik dengan rangkaian elektronik tetapi secara prinsip kerja akan tetap terhubung dengan adanya simbol-simbol pada setiap diagram rangkaian tersebut.

b. Metode penggambaran diagram rangkaian pneumatik

- *Lay-out* rangkaian mengikuti aliran sinyal pada rangkaian kontrol yaitu dari sumber energi, sinyal input sampai ke final sinyal dan disusun dari bawah ke atas.
- Silinder dan katup digambarkan mendatar, kemudian cara kerja silinder dari kiri ke kanan.

c. Metode penggambaran diagram rangkaian elektronik

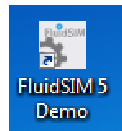
- Lay-out rangkaian mengikuti aliran sinyal elektrik pada rangkaian kontrol yaitu dari kutub positif ke negatif dan disusun dari atas ke bawah.
- Rangkaian yang menggunakan kontrol relay dapat dibagi menjadi bagian kontrol dan bagian daya (*power*) dan komponennya disusun dari kiri ke kanan sesuai dengan urutan operasi.

d. Kontrol langsung silinder kerja tunggal

Rangkaian langsung silinder kerja tunggal merupakan rangkaian dasar elektropneumatik. Prinsip kerja yang diinginkan adalah silinder akan bekerja maju jika *push button* ditekan dan akan kembali ke posisi semua jika *push button* dilepas.

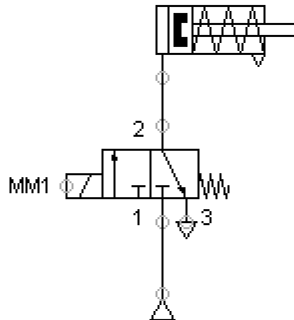
➢ **Langkah Menggambar Rangkaian Elektropneumatik**

Langkah-langkah untuk menggambar rangkaian tersebut dengan menggunakan FluidSIM 5 Demo adalah sebagai berikut.

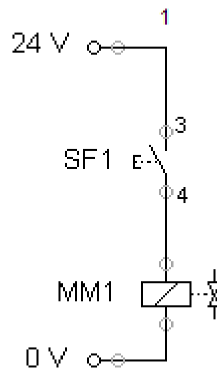


1. Buka aplikasi FluidSIM 5 Demo dengan double klik ikon
2. Buatlah rangkaian kontrol pneumatik dengan komponen single acting cylinder, 3/2 way valve, dan compressed air supply
3. Ubahlah konfigurasi dari 3/2 way valve dengan cara double klik pada komponen tersebut → *configure valve* → *electrically* (menggunakan *single solenoid*) dan *spring returned*.
4. Tambahkan saluran pembuangan udara bekas pada lubang no 3 dan label solenoid dengan nama “MM1”

5. Hubungkan komponen pada langkah 2 agar menjadi gambar sebagai berikut.



6. Buatlah rangkaian kontrol elektronik dengan komponen power supply 24 V dan 0 V, push button dan valve solenoid.
7. Tambahkan label push button menjadi “SF1” dan *valve solenoid* menjadi “MM1” (label valve solenoid pada rangkaian pneumatik dan elektronik harus sama agar dapat saling berhubungan)
8. Hubungkan komponen pada langkah 6 agar menjadi gambar sebagi berikut.

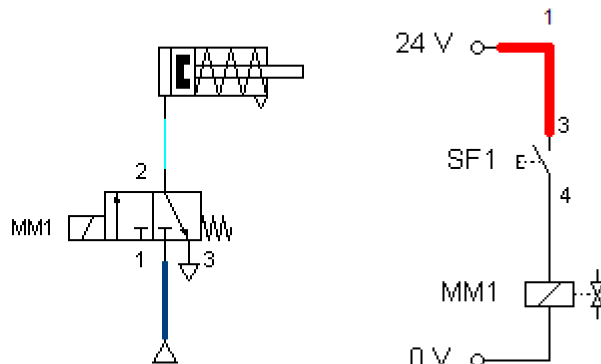


9. Jalankan simulasi dengan cara klik ikon start maka rangkaian elektropneumatik dapat berfungsi. (klik ikon stop jika akan mengedit kembali rangkaian tersebut).

➢ **Penjelasan Cara Kerja Rangkaian Elektropneumatik**

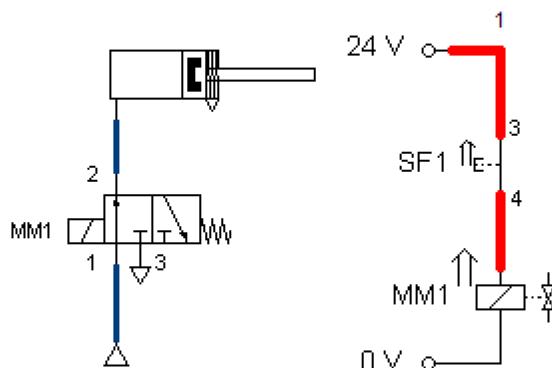
Perhatikan gambar rangkaian elektropneumatik saat *push button* dilepas dan saat push button ditekan.

- Saat push button belum ditekan.



Katup solenoid belum bekerja karena aliran arus terputus oleh kontak *push button* yang sedang terbuka. Katup pengarah pada posisi normal karena solenoid tidak aktif sehingga sumber udara tekan tidak dapat mengalir ke silinder.

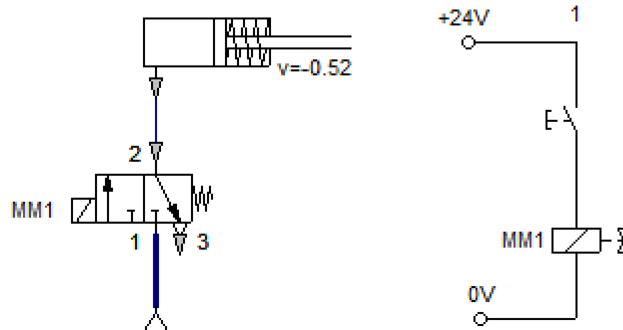
- Saat *push button* ditekan



Katup solenoid bekerja karena aliran arus terhubung oleh kontak *push button* yang sedang tertutup. Katup pengarah berubah posisi karena adanya medan elektromagnet yang mampu merubah

posisi dari katup pengarah (solenoid aktif) sehingga sumber udara tekan dapat mengalir ke silinder dan silinder bergerak maju.

- Saat *push button* dilepas



Katup solenoid tidak bekerja karena aliran arus terputus oleh kontak *push button* yang sedang terbuka. Katup pengarah berubah posisi karena adanya hilangnya medan elektromagnet dan dengan dorongan pegas pengembali yang mampu merubah posisi dari katup pengarah sehingga sumber udara tekan tidak dapat mengalir ke silinder dan silinder bergerak mundur karena dorongan pegas pengembali.

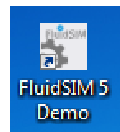
e. Kontrol langsung silinder kerja ganda

Prinsip kerja yang diinginkan adalah silinder akan bekerja maju jika *push button* 1 ditekan dan tetap berada pada posisi maju meskipun *push button* 1 dilepas, silinder akan kembali ke posisi semua jika *push button* 2 ditekan dan akan tetap pada posisi mundur meskipun *push button* 2 dilepas.

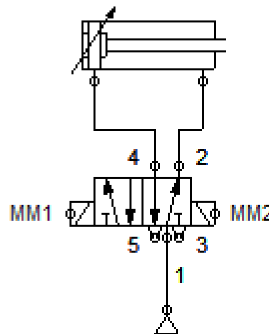
➢ **Langkah Menggambar Rangkaian Elektropneumatik**

Langkah-langkah untuk menggambar rangkaian tersebut dengan menggunakan FluidSIM 5 Demo adalah sebagai berikut.

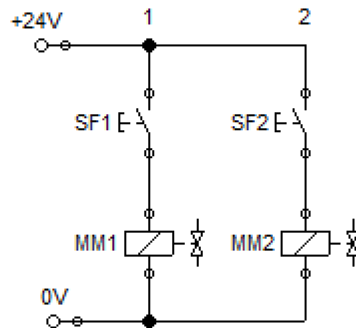
1. Buka aplikasi FluidSIM 5 Demo dengan double klik ikon



2. Buatlah rangkaian kontrol pneumatik dengan komponen *double acting cylinder*, *5/2 way valve*, dan *compressed air supply*.
3. Ubahlah konfigurasi dari *5/2 way valve* dengan cara double klik pada komponen tersebut → *configure valve* → *electrically* (menggunakan *double solenoid*).
4. Tambahkan saluran pembuangan udara bekas pada lubang no 3 dan label solenoid dengan nama "MM1" dan "MM2"
5. Hubungkan komponen pada langkah 2 agar menjadi gambar sebagai berikut.



6. Buatlah rangkaian kontrol elektronik dengan komponen *power supply* 24 V dan 0 V, 2 buah push button dan 2 buah *valve solenoid*.
7. Tambahkan label push button menjadi "SF1" dan "SF2" serta valve solenoid menjadi "MM1" dan "MM2" (label *valve solenoid* pada rangkaian pneumatik dan elektronik harus sama agar dapat saling berhubungan).
8. Hubungkan komponen pada langkah 6 agar menjadi gambar sebagi berikut.

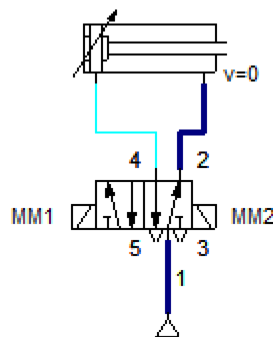


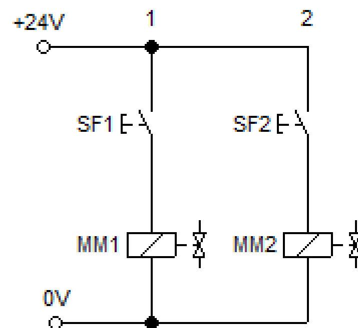
9. Jalankan simulasi dengan cara klik ikon start ▶ maka rangkaian elektropneumatik dapat berfungsi. (klik ikon stop ■ jika akan mengedit kembali rangkaian tersebut).

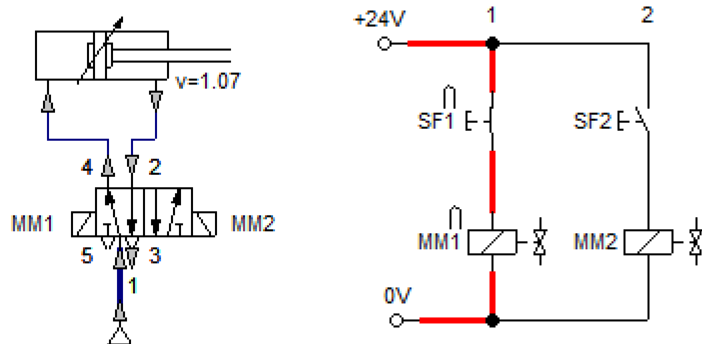
➢ **Penjelasan cara kerja rangkaian elektropneumatik**

Perhatikan gambar rangkaian elektropneumatik saat *push button* dilepas dan saat *push button* ditekan.

- Saat *push button* SF1 ditekan lalu dilepas

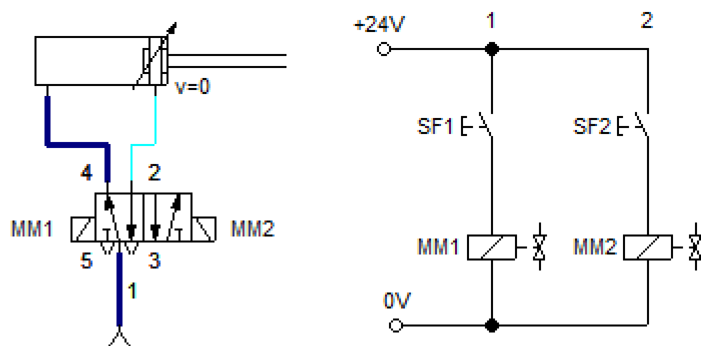


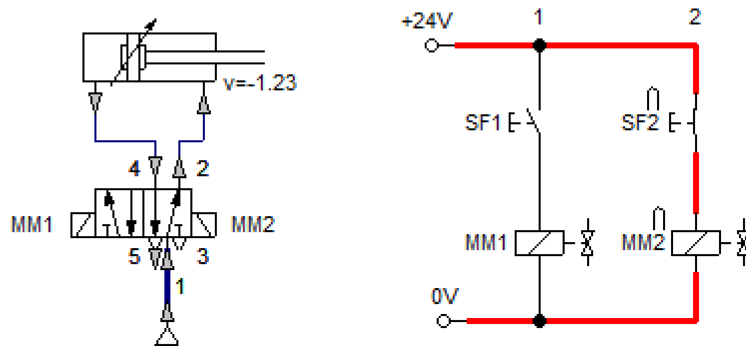




Katup solenoid MM1 bekerja karena aliran arus terhubung oleh kontak *push button* SF 1 yang sedang tertutup. Katup pengarah berubah posisi karena adanya medan elektromagnet yang mampu merubah posisi dari katup pengarah (solenoid aktif) sehingga sumber udara tekan dapat mengalir ke silinder melalui saluran 1-4 dan silinder bergerak maju. Saat *push button* SF1 dilepas, maka posisi dari katup pengarah tidak berubah (posisi akhir setelah teraktuasi) karena tidak ada pegas pengembali dan silinder tetap pada posisi maju.

- Saat *push button* SF2 ditekan lalu dilepas



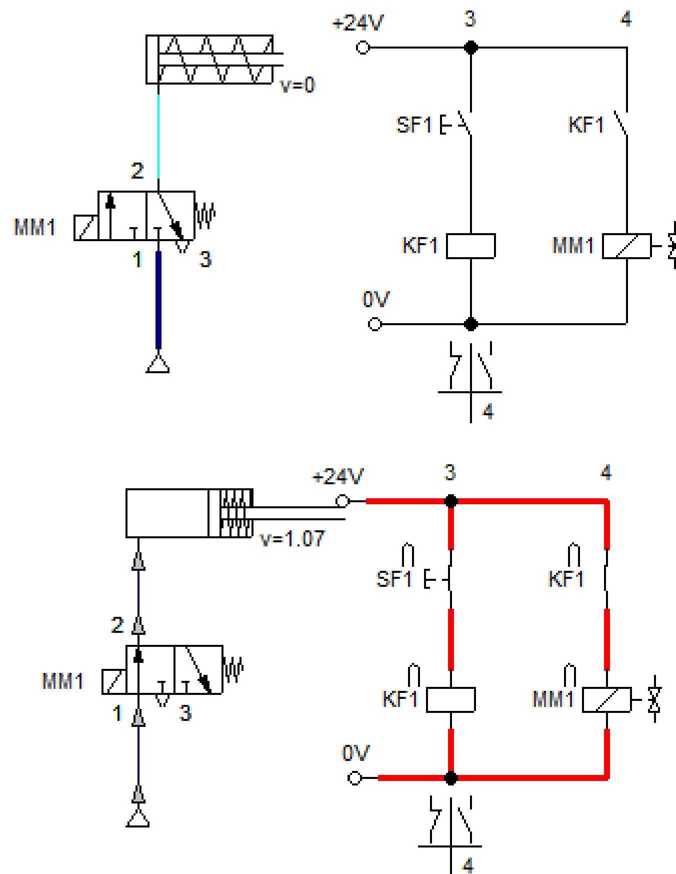


Katup solenoid MM2 bekerja karena aliran arus terhubung oleh kontak *push button* SF2 yang sedang tertutup. Katup pengarah berubah posisi karena adanya medan elektromagnet yang mampu merubah posisi dari katup pengarah (solenoid aktif) sehingga sumber udara tekan dapat mengalir ke silinder melalui saluran 1-2 dan silinder bergerak mundur. Saat *push button* SF2 dilepas, maka posisi dari katup pengarah tidak berubah (posisi akhir setelah teraktuasi) karena tidak ada pegas pengembali dan silinder tetap pada posisi maju.

f. Kontrol tidak langsung silinder kerja tunggal

Prinsip kerja kontrol tidak langsung adalah tegangan yang digunakan untuk mengaktifkan solenoid *valve* tidak langsung terhubung dari *push button*, tetapi dihubungkan melalui kontak relay. Hal ini bertujuan untuk memisahkan antara sumber tegangan pada sistem kontrol elektro dengan sumber tegangan yang digunakan untuk mengaktifkan solenoid *valve*.

Berikut ini adalah gambar rangkaian elektropneumatik kontrol tidak langsung silinder kerja tunggal dan cara kerja rangkaian.



- Saat *push button* SF1 belum ditekan.

  Katup solenoid dan relay belum bekerja karena aliran arus terputus oleh kontak push button dan kontak rela yang sedang terbuka. Katup pengarah pada posisi normal karena solenoid tidak aktif sehingga sumber udara tekan tidak dapat mengalir ke silinder.

- Saat *push button* SF1 ditekan

  Ketika *push button* SF1 ditekan, maka aliran arus akan terhubung menuju relay, sehingga timbul medan elektromagnetik pada kumparan relay dan mengakibatkan kontak relay KF1 menutup dan mengalirkan arus menuju solenoid *valve*. Katup pengarah akan berubah posisi karena adanya medan magnet pada solenoid *valve*

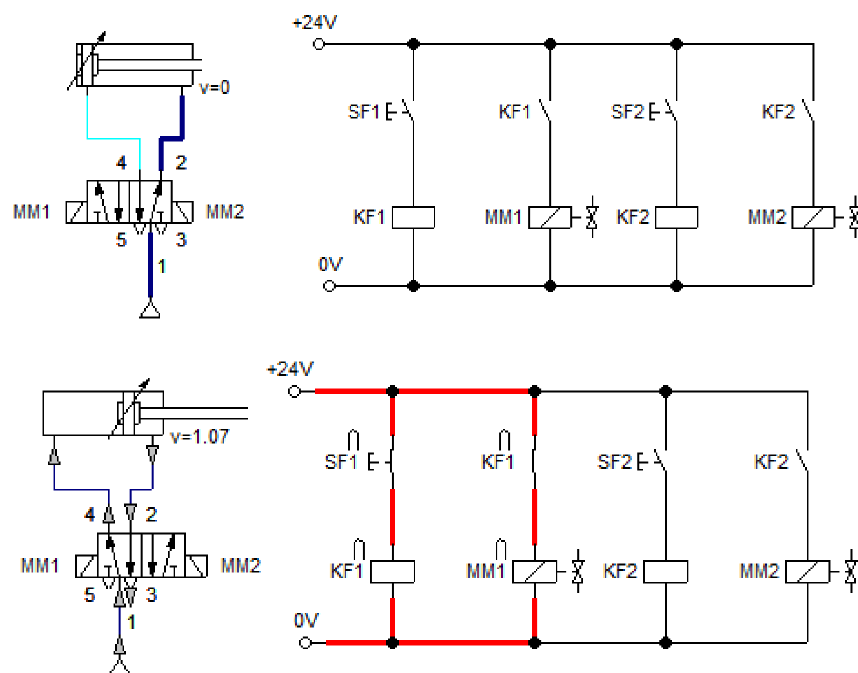
sehingga sumber udara tekan dapat mengalir ke silinder melalui lubang 1-2 dan silinder bergerak maju.

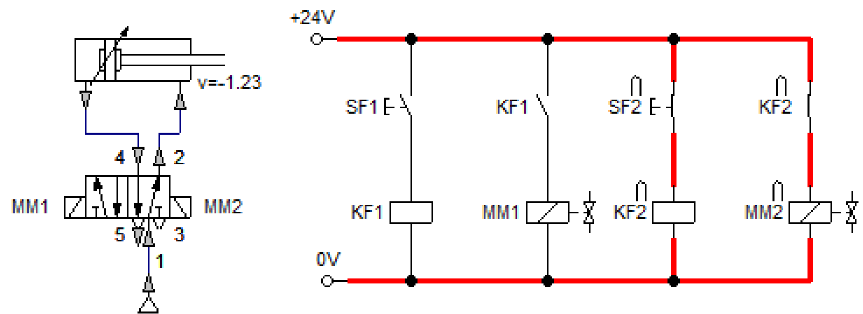
- Saat *push button* KF1 dilepas

  Ketika *push button* SF1 dilepas, maka aliran arus tidak terhubung menuju ralay, sehingga medan elektromagnetik akan hilang pada kumparan relay dan mengakibatkan kontak relay KF1 membuka dan memutuskan arus menuju solenoid *valve*. Katup pengarah akan berubah posisi karena adanya hilangnya medan magnet pada solenoid *valve* dan dengan dorongan pegas yang mampu merubah posisi dari katup pengarah sehingga sumber udara tekan tidak dapat mengalir ke silinder dan silinder bergerak mundur.

g. Kontrol tidak langsung silinder kerja ganda

Berikut ini adalah gambar rangkaian elektropneumatik kontrol tidak langsung silinder kerja ganda dan cara kerja rangkaian.





- Saat *push button* SF1 ditekan

  Ketika *push button* SF1 ditekan, maka aliran arus akan terhubung menuju ralay KF1, sehingga timbul medan elektromagnetik pada kumparan relay KF1 dan mengakibatkan kontak relay KF1 menutup dan mengalirkan arus menuju solenoid *valve* MM1. Katup pengarah akan berubah posisi karena adanya medan magnet pada solenoid *valve* KF1 sehingga sumber udara tekan dapat mengalir ke silinder melalui lubang 1-4 dan silinder bergerak maju.

- Saat *push button* SF2 ditekan

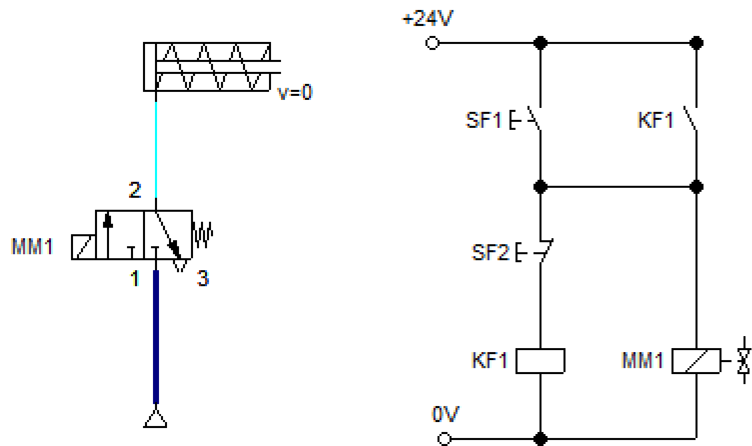
  Ketika *push button* SF2 ditekan, maka aliran arus akan terhubung menuju relay KF2, sehingga timbul medan elektromagnetik pada kumparan relay KF2 dan mengakibatkan kontak relay KF2 menutup dan mengalirkan arus menuju solenoid *valve* MM2. Katup pengarah akan berubah posisi karena adanya medan magnet pada solenoid *valve* KF2 sehingga sumber udara tekan dapat mengalir ke silinder melalui lubang 1-2 dan silinder bergerak mundur.

h. Rangkaian pengunci tombol start-stop

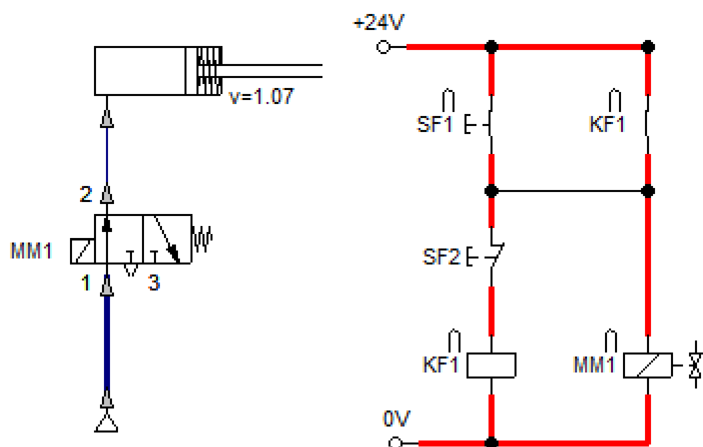
Rangkaian pengunci tombol start stop digunakan agar selama sistem bekerja *push button* tidak ditekan secara terus menerus tetapi hanya sekali tekan dan dilepas. Hal dengan demikian sistem tetap bekerja selama rangkaian pengunci belum diputus/ dimatikan.

Berikut ini adalah gambar rangkaian elektropneumatik kontrol tidak langsung silinder kerja ganda dan cara kerja rangkaian.

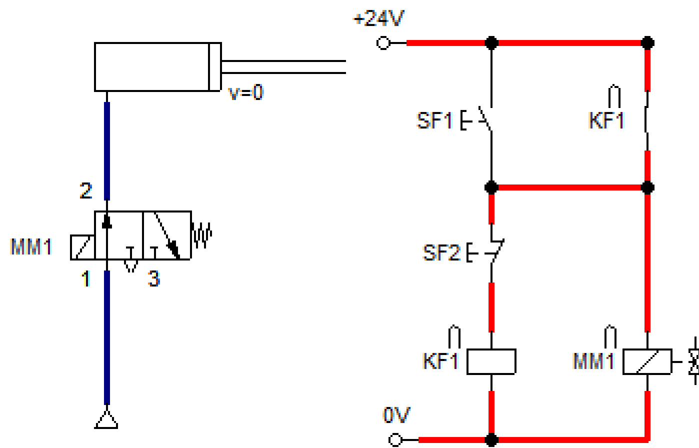
- Saat *push button* SF1 ditekan



Ketika *push button* SF1 ditekan, maka aliran arus akan terhubung menuju relay KF1, sehingga timbul medan elektromagnetik pada kumparan relay KF1 dan mengakibatkan kontak relay KF1 menutup dan mengalirkan arus menuju solenoid *valve* MM1. Katup pengarah akan berubah posisi karena adanya medan magnet pada solenoid *valve* KF1 sehingga sumber udara tekan dapat mengalir ke silinder melalui lubang 1-4 dan silinder bergerak maju.

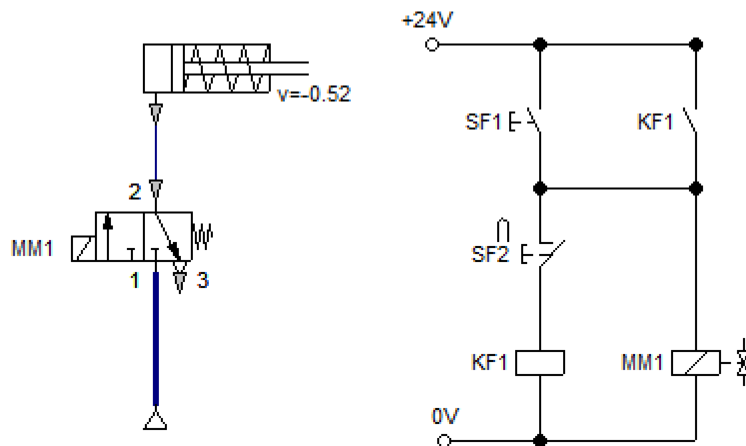


- Saat *push button* SF1 dilepas



Ketika *push button* dilepas, maka aliran arus tetap terhubung menuju relay karena adanya cabang dari kontak relay KF1 yang masih menutup, sehingga medan elektromagnetik akan tetap pada kumparan relay, solenoid *valve* MM1 tetap aktif dan silinder tetap berada pada posisi maju.

- Saat *push button* SF2 ditekan



Ketika *push button* SF2 ditekan, maka aliran arus tidak terhubung menuju relay, sehingga medan elektromagnetik akan hilang pada kumparan relay dan mengakibatkan kontak relay KF1 membuka dan memutuskan arus menuju solenoid *valve*. Katup

pengarah akan berubah posisi karena adanya hilangnya medan magnet pada solenoid *valve* dan dengan dorongan pegas yang mampu merubah posisi dari katup pengarah sehingga sumber udara tekan tidak dapat mengalir ke silinder dan silinder bergerak mundur.

3. Rangkuman

Penggerak, kelompok katup-katup dan *supply* elementer diberi nomor atau angka. Digit pertama menunjukkan nomor aktuator dan aktuator yang dikontrol oleh unit yang sedang bekerja.

Prinsip kerja kontrol langsung adalah tegangan yang digunakan untuk mengaktifkan solenoid *valve* langsung terhubung dari *push button* atau *limit switch*. Prinsip kerja kontrol tidak langsung adalah tegangan yang digunakan untuk mengaktifkan solenoid *valve* tidak langsung terhubung dari *push button* atau *limit switch*, tetapi dihubungkan melalui kontak relay. Hal ini bertujuan untuk memisahkan antara sumber tegangan pada sistem kontrol elektro dengan sumber tegangan yang digunakan untuk mengaktifkan solenoid *valve*.

Rangkaian pengunci tombol start stop digunakan agar selama sistem bekerja *push button* tidak ditekan secara terus menerus tetapi hanya sekali tekan dan dilepas.

4. Tugas

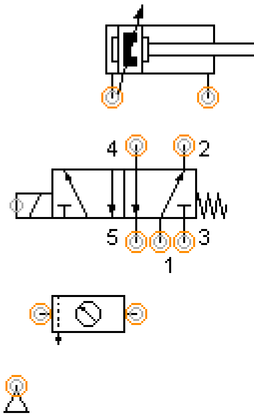
a. Buatlah rangkaian elektropneumatik sesuai langkah-langkah pada uraian materi di atas pada simulasi FluidSIM Demo.

b. Amati rangkaian elektropneumatik tersebut, lalu diskusikan dengan teman dalam kelompok mengenai

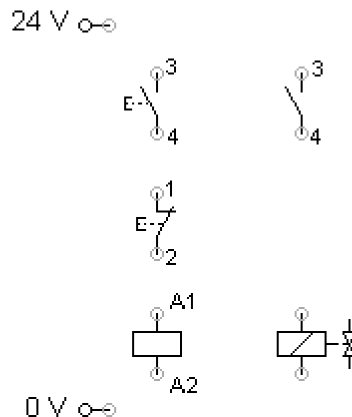
- Perbedaan kontrol langsung dan tidak langsung.
- Perbedaan kontrol *single solenoid valve* dan *double solenoid valve*.
- Aplikasi penggunaan rangkaian pengunci tombol start stop.

5. Tes Formatif

1) Lengkapilah rangkaian pneumatik berikut, agar silinder dapat berfungsi dengan benar !



2) Lengkapilah rangkaian elektronik berikut, agar dapat terhubung dengan rangkaian pneumatik pada no 1 dengan rangkaian pengunci start-stop !



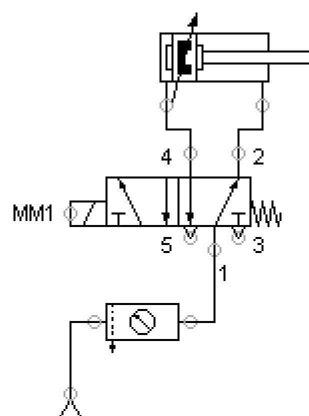
3) Apa yang terjadi jika *push button normally open* ditekan terus?

4) Apa yang terjadi jika setelah *push button normally open* ditekan lalu dilepas?

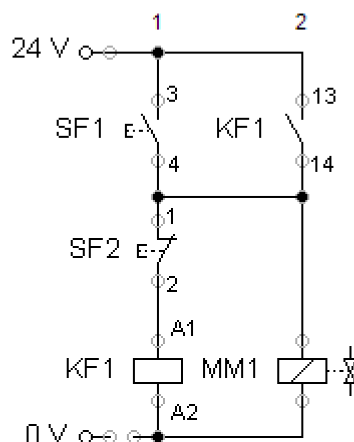
5) Apa yang terjadi jika *push button normally close* ditekan?

6. Kunci Jawaban Formatif

1) Rangkaian Pneumatik



2) Rangkaian Elektronik



3) Solenoid *valve* MM1 akan aktif sehingga silinder akan bergerak maju

4) Solenoid *valve* MM1 tetap aktif sehingga silinder tetap berada pada posisi maju.

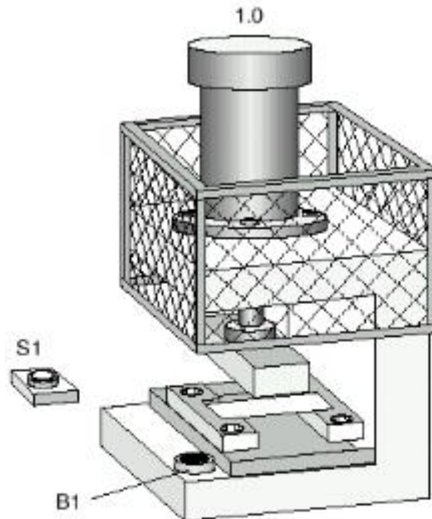
5) Solenoid *valve* MM1 tidak aktif sehingga silinder akan bergerak mundur.

7. Lembar Kerja

❖ **Deskripsi Soal**

N Sebuah mesin Pres Cap 1.0 akan bekerja (bergerak maju) jika sebuah tombol digerakkan dan tutup pelindung ditutup. Jika salah satu dari kondisi ini tidak dipenuhi,maka peralatan pres akan segera kembali ke posisi mundur. Posisi tertutup pelindung penjaga B1 dideteksi oleh

proximity swtich B1. Alat press maju atau ditarik kembali dengan menggunakan single solenoid *valve* MM1.



.

❖ **Alat dan Bahan**

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	Kompresor dan *Air Service Unit*	1 buah
2	Selang penghubung	Secukupnya
3	Katup 3/2 *single solenoid valve*	1 buah
4	*Single Acting Cylinder*	1 buah
5	*Push button / Proximity Switch*	2 buah

❖ **Keselamatan Kerja**

- Gunakan alat sesuai dengan fungsinya.
- Gunakan pakaian kerja.
- Ikuti instruksi dari guru.

❖ **Langkah Kerja**

a) Identifikasi alat dan bahan yang digunakan

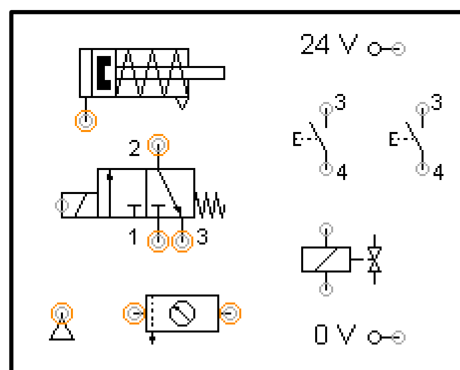
b) Buatlah gambar rangkaian elektropneumatik pada aplikasi FluidSIM 5 Demo

c) Aplikasikan rangkaian tersebut pada trainer pneumatik.

d) Operasikan rangkaian tersebut.

e) Buatlah laporan hasil praktisi yang telah dilaksanakan.

❖ **Gambar Kerja**



E. Kegiatan Belajar ke-5 (3 x 6 JP = 18 JP)

1. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan peserta didik dapat :

a. Membaca gambar rangkaian elektropneumatik dengan silinder lebih dari satu

b. Merangkai dan menjalankan rangkaian elektropneumatik dengan silinder lebih dari satu.

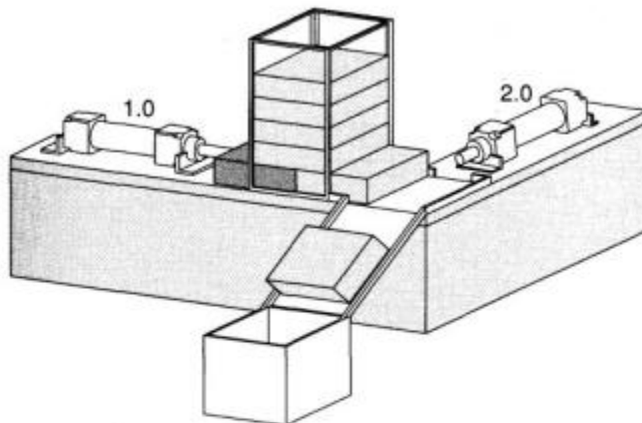
c. Menganalisis rangkaian elektropneumatik dua silinder dengan *limit switch*.

2. Uraian Materi

Rangkaian Dengan Silinder Lebih Dari Satu

a. Sistem Pemindah Barang dengan 2 Silinder

Rangkaian dengan silinder lebih dari satu sudah dapat diaplikasikan sebagai sistem sederhana. Sebagai contoh rangkaian pneumatik yang digunakan untuk memindahkan suatu benda kerja dari satu posisi ke posisi yang lain.



Gambar 13. sketsa posisi pemindah barang

Urutan kerja dari aktuator/silinder 1.0 (A) dan 2.0 (B) adalah sebagai berikut. Ketika tombol SF1 ditekan, maka silinder A akan bergerak maju dan menyentuh limit switch S2, lalu disusul dengan silinder B bergerak maju dan menyentuh limit switch S4, setelah itu maka

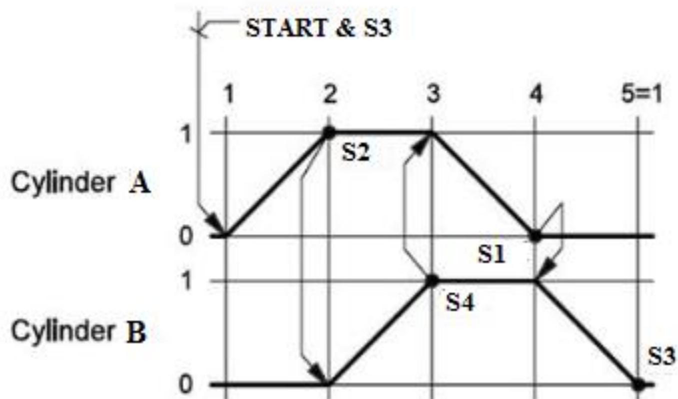
silinder A akan bergerak mundur sampai menyentuh limit switch S1 dan disusul dengan silinder B bergerak mundur. Deskripsi tersebut dapat ditulis dengan A+ B+ A- B-

Tabel 14. Komponen yang digunakan pada rangkaian pneumatik

Komponen	Jumlah
Double acting cylinder	2
5/2 way valve with double solenoid	2
Limit switch	4
Compressed air supply	1

b. Diagram Langkah Pemindahan

Urutan kerja dapat digambarkan dengan diagram langkah pemindahan (*desplacement step diagram*) pada gambar berikut.



Gambar 14. Diagram Langkah Pemindahan

Berdasarkan gambar diagram langkah pemindahan tersebut maka dapat disimpulkan sistem akan dimulai ketika *push button* ditekan dengan urutan kerjanya mengikuti langkah berikut.

Step 1 : silinder A maju, benda kerja didorong keluar dari magasin

Step 2 : silinder B maju, benda kerja terdorong meluncur ke penampungan

Step 3 : silinder A mundur, benda kerja pada magasin turun.

Step 4 : silinder B mundur.

c. Grafcet

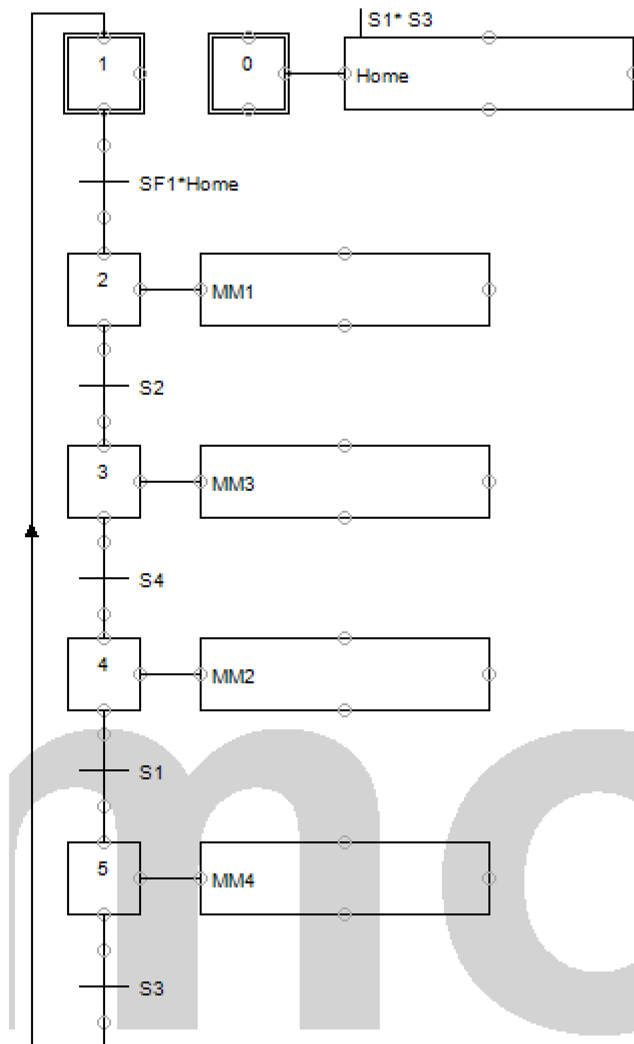
Pembuatan grafcet adalah cara untuk mempermudah perancangan rangkaian elektropneumatik. Grafcet digambarkan sebagai aliran langkah dari sistem, artinya sistem akan melanjutkan ke langkah berikutnya jika pada langkah terakhir mendapatkan sinyal triger yang sesuai. GRAFCET (akronim dari "GRAphe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions/"), Grafcet adalah spesifikasi bahasa untuk menampilkan deskripsi proses dari suatu sistem. Hal ini terutama digunakan dalam teknologi otomasi, dan rekayasa proses. Grafcet sebagai penerus dari Diagram Blok Fungsi dan telah berlaku sejak 1 April 2003. Grafcet lebih jelas jika dibandingkan dengan grafik fungsi, karena set instruksi yang telah disederhanakan dan melengkapi pada bagian yang kurang dari grafik fungsi. Grafcet berbeda dengan fungsi sebelumnya yaitu Diagram Blok Fungsi secara khusus Grafcet sebagai pelaksana yang mungkin ada pada rencana dari sistem dan tetap menjadi standar yang berlaku. Simbol-simbol yang digunakan pada grafcet adalah sebagai berikut.

Tabel 15. Simbol Grafcet.

Simbol	Keterangan
1	**Initial step** Simbol ini digunakan untuk langkah awal dari sistem
2	**Simple step** Simbol ini digunakan untuk urutan langka yang ada pada sistem

	Transition Simbol ini digunakan untuk menunjukkan perpindahan dari langkah sebelumnya ke langkah selanjutnya, pada simbol ini diberikan sinyal triger sebagai syarat sistem dapat melanjutkan ke langkah berikutnya.
	Action Simbol ini digunakan untuk menunjukkan aksi dari suatu langkah

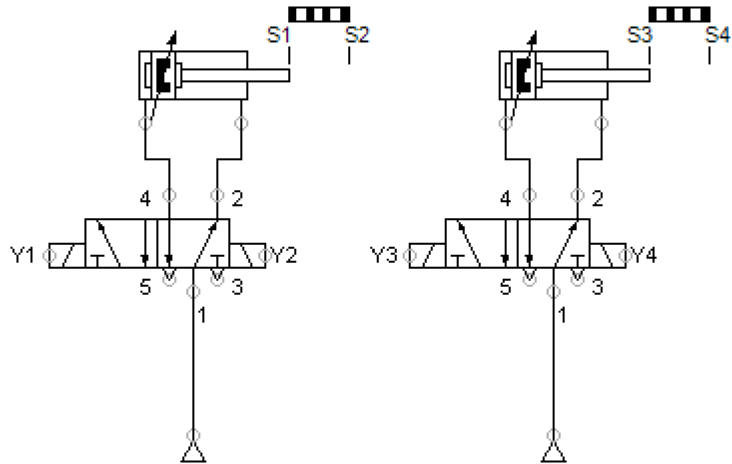
Deskripsi proses dari sistem pemindah barang dengan rangkaian elektropneumatik tersebut dapat digambarkan dengan Grafcet sebagai berikut.



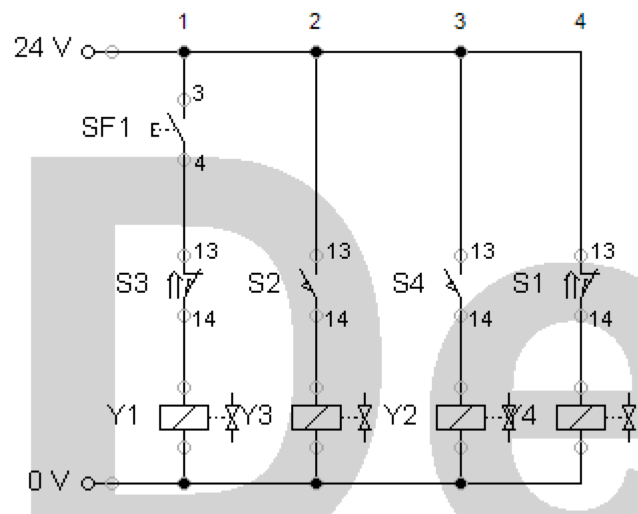
Gambar 15. grafcet A+ B+ A- B-

d. Rangkaian Elektropneumatik Sistem Pemindah Barang

Berdasarkan kebutuhan komponen untuk sistem pemindah barang maka rangkaian pneumatik sistem tersebut dapat digambarkan sebagai berikut.



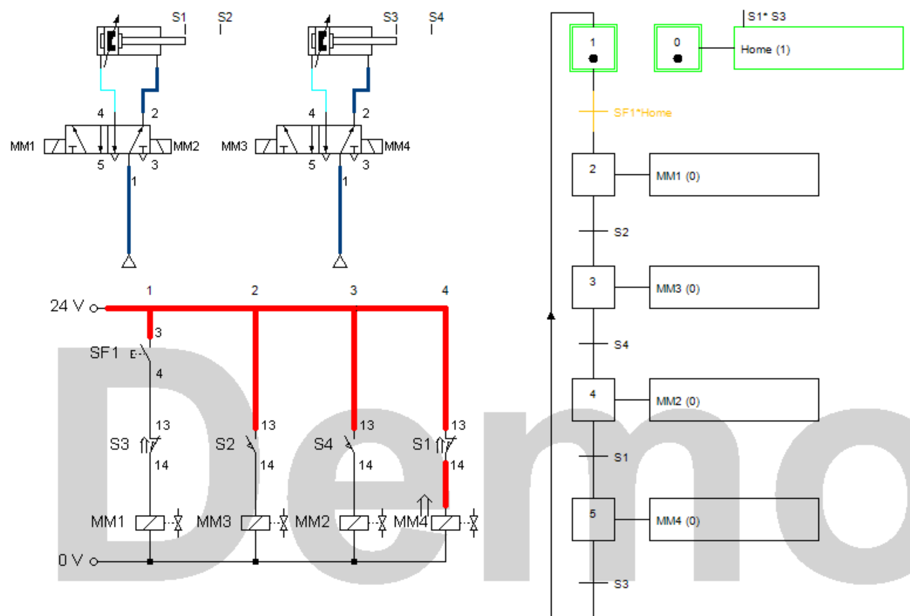
Rangkaian kontrol elektronik dari sistem pemindah barang dengan kontrol langsung dapat digambarkan sebagai berikut.



e. Penjelasan Cara Kerja Rangkaian Sistem Pemindah Barang

Penjelasan cara kerja rangkaian dari sistem pemindah barang dengan rangkaian elektropneumatik dapat dilihat pada gambar berikut

- *Push button* SF1 belum ditekan

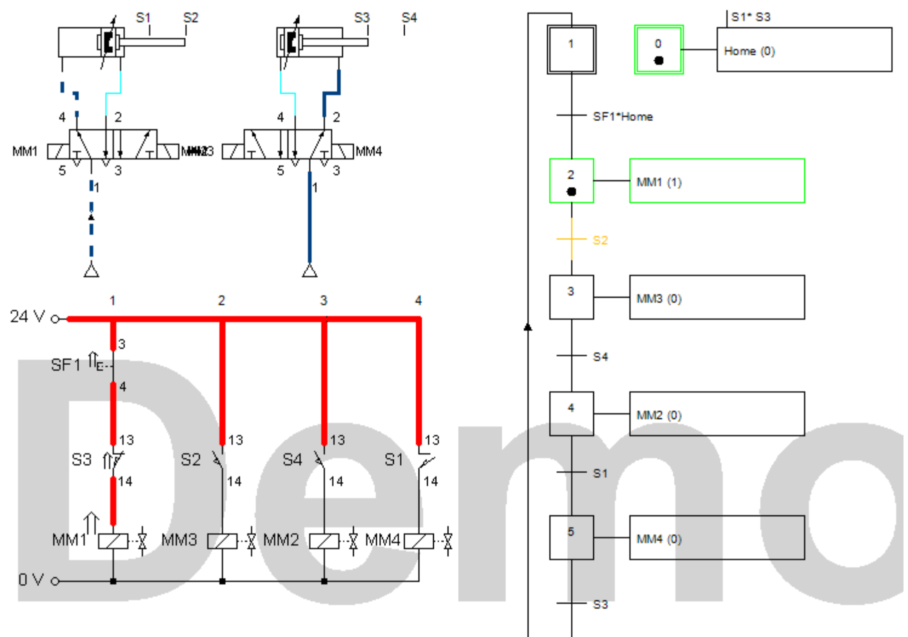


Push button SF1 belum ditekan, sistem pada kondisi awal. Pada gambar rangkaian elektronik, solenoid *valve* MM4 aktif, karena *limit switch* S1 sedang tertekan (menutup). Sedangkan solenoid *valve* MM1 tidak aktif meskipun *limit switch* S3 tertekan (menutup) karena arus terputus oleh *push button* SF1. Pada gambar grafcet posisi dari sistem berada pada langkah 1 (langkah awal). Pada gambar rangkaian pneumatik katup pengarah pada posisi awal, sehingga silinder tetap berada pada posisi awal karena udara tekan dapat mengalir melalui lubang no 1-2.

- *Push button* SF1 ditekan

Push button SF1 ditekan, maka sistem akan mulai bekerja. Pada gambar rangkaian elektronik, solenoid *valve* MM1 aktif, karena *limit switch* S3 sedang tertekan (menutup) dan *push button* SF1 menutup. Sedangkan solenoid *valve* MM4 tidak aktif, *limit switch* S1 tidak tertekan (membuka) karena silinder A mulai bergerak maju dan meninggalkan S1. Pada gambar grafcet posisi dari sistem berada pada langkah 2. Pada gambar rangkaian pneumatik katup pengarah A berubah posisi, sehingga

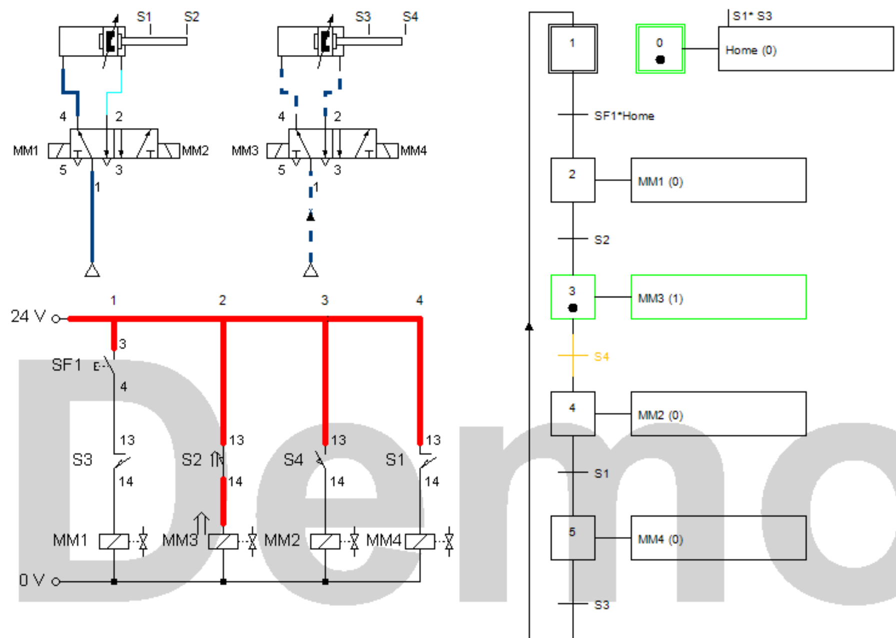
silinder A dapat bergerak maju karena udara tekan dapat mengalir melalui lubang no 1-4. Sistem akan melanjutkan ke langkah berikutnya meskipun *push button* SF1 dilepas dan solenoid *valve* hanya dipicu (triger) sekali saja (tidak dikunci dengan relay) karena katup pengarah *double solenoid* yang digunakan tidak terdapat pegas pengembali.



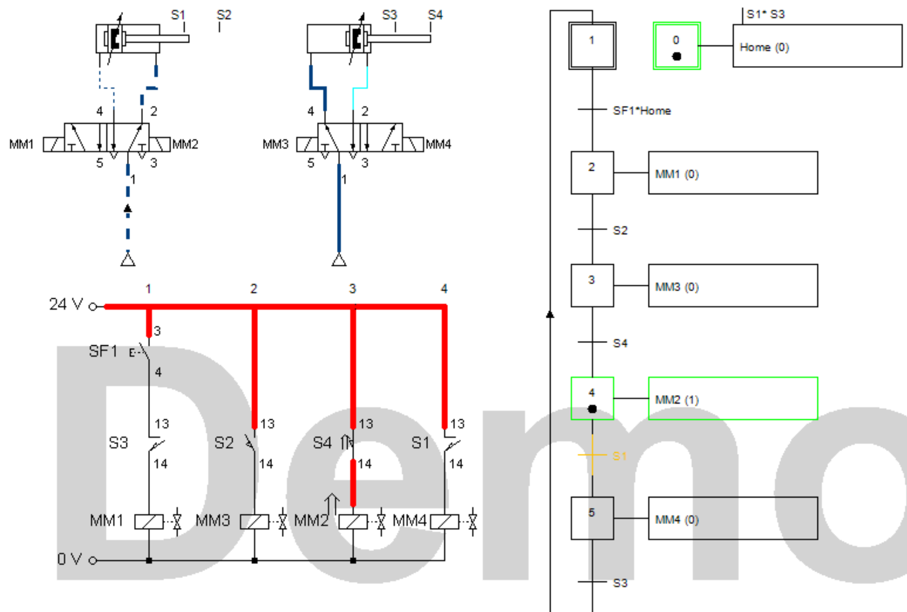
- Silinder A menyentuh *limit switch* S2

Silinder A menyentuh *limit switch* S2, maka sistem akan melanjutkan ke langkah 3. Pada gambar rangkaian elektronik, solenoid *valve* MM3 aktif, karena *limit switch* S2 sedang tertekan (menutup). Sedangkan solenoid *valve* MM1 tidak aktif, *limit switch* S3 tidak tertekan (membuka) karena silinder B mulai bergerak maju dan meninggalkan S3. Pada gambar grafcet posisi dari sistem berada pada langkah 3. Pada gambar rangkaian pneumatik katup pengarah B berubah posisi, sehingga silinder A dapat bergerak maju karena udara tekan dapat mengalir melalui lubang no 1-4.

z

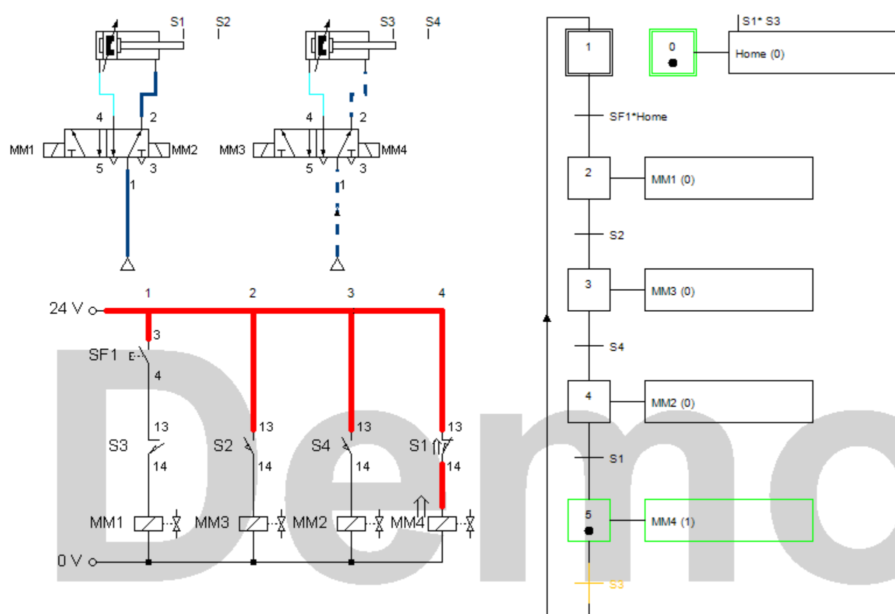


- Silinder B menyentuh *limit switch* S4



Silinder B menyentuh *limit switch* S4, maka sistem akan melanjutkan ke langkah 4. Pada gambar rangkaian elektronik, solenoid *valve* MM2 aktif, karena limit *switch* S4 sedang tertekan (menutup). Sedangkan solenoid *valve* MM3 tidak aktif, *limit switch* S2 tidak tertekan (membuka) karena silinder A mulai bergerak mundur dan meninggalkan S2. Pada gambar grafcet posisi dari sistem berada pada langkah 4. Pada gambar rangkaian pneumatik katup pengarah A berubah posisi, sehingga silinder A dapat bergerak mundur karena udara tekan dapat mengalir melalui lubang no 1-2.

- Silinder A menyentuh limit *switch* S1



Silinder A menyentuh *limit switch* S1, maka sistem akan melanjutkan ke langkah 5. Pada gambar rangkaian elektronik, solenoid *valve* MM4 aktif, karena *limit switch* S1 sedang tertekan (menutup). Sedangkan solenoid *valve* MM2 tidak aktif, *limit switch* S4 tidak tertekan (membuka) karena silinder B mulai bergerak mundur dan meninggalkan S4. Pada gambar grafcet posisi dari sistem berada pada langkah 5. Pada gambar rangkaian pneumatik katup pengarah B berubah posisi, sehingga silinder B dapat bergerak mundur karena udara tekan dapat mengalir melalui lubang no 1-2.

3. Rangkuman

Urutan kerja dapat digambarkan dengan diagram langkah pemindahan (*desplacement step diagram*). Pembuatan grafcet adalah cara untuk mempermudah perancangan rangkaian elektropneumatik. Grafcet digambarkan sebagai aliran langkah dari sistem, artinya sistem akan melanjutkan ke langkah berikutnya jika pada langkah terakhir mendapatkan sinyal triger yang sesuai. Hal-hal yang penting dalam pembuatan grafcet adalah *Initial step, Simpel step, Transition, Action*. Setelah pembuatan grafcet, maka dilanjutkan

4. Tugas

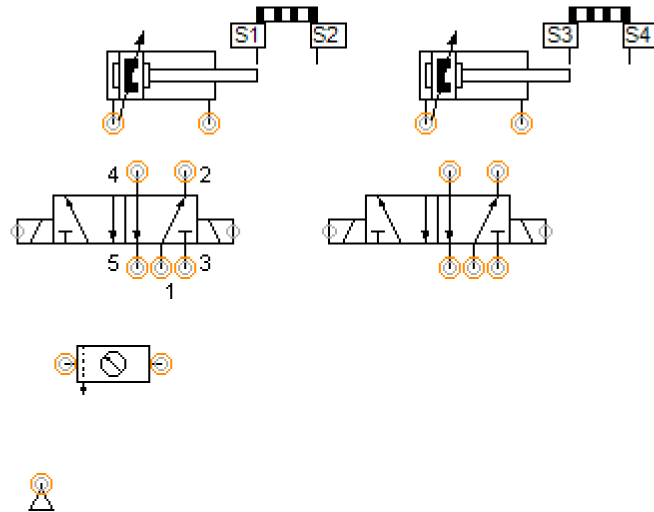
a. Buatlah rangkaian elektropneumatik sistem pemindah barang sesuai langkah-langkah pada uraian materi di atas.

b. Amati rangkaian elektropneumatik tersebut, lalu diskusikan dengan teman dalam kelompok mengenai

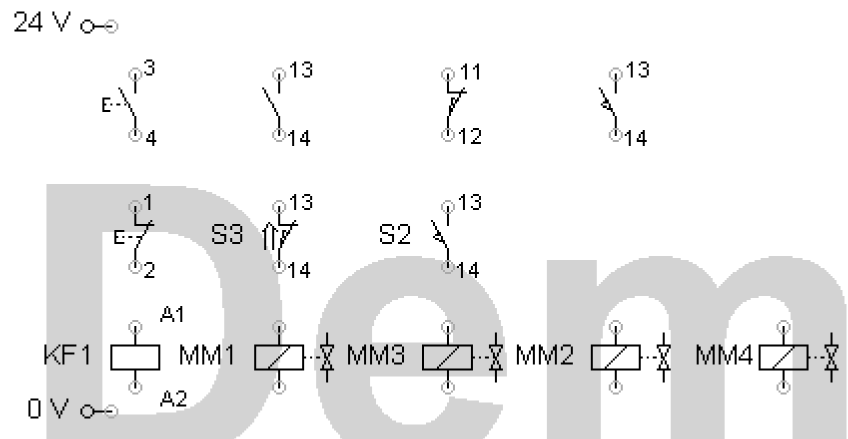
- Rangkaian elektropneumatik tersebut menggunakan kontrol langsung atau tidak langsung ?
- Jika termasuk rangkaian langsung, maka ubahlah menjadi kontrol tidak langsung !
- Kembangkanlah rangkaian elektropneumatik tersebut dengan menggunakan rangkaian pengunci tombol start stop.

5. Tes Formatif

1) Lengkapilah rangkaian pneumatik berikut, agar silinder dapat berfungsi dengan benar !



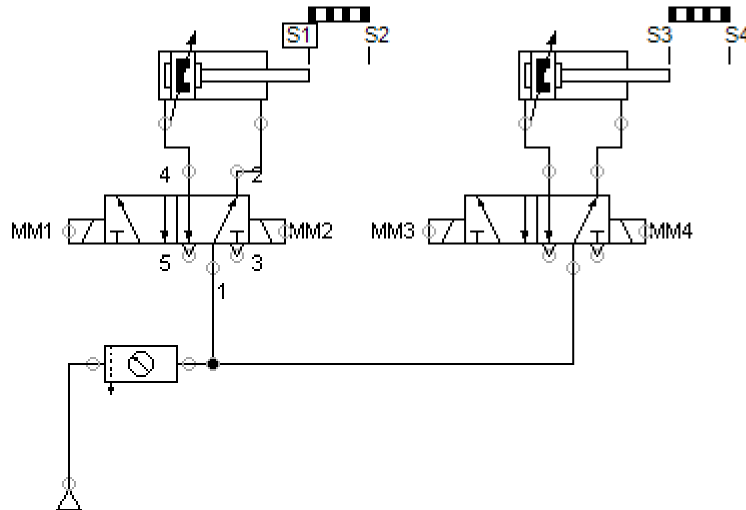
2) Lengkapilah rangkaian elektronik berikut, agar dapat terhubung dengan rangkaian pneumatik pada no 1 dengan urutan kerja A+ B+ (A- B-) Silinder A maju, Silinder B maju, Silinder A dan B mundur bersama-sama!



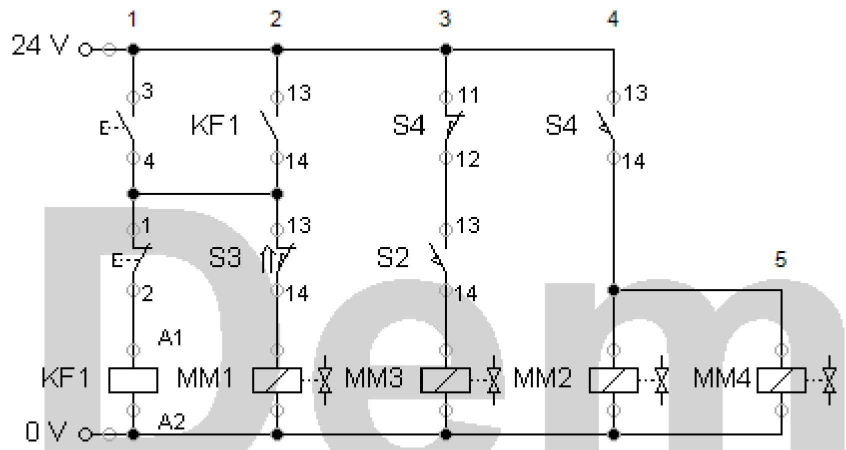
3) Apa yang terjadi jika *push button normally open* ditekan terus?
4) Apa yang terjadi jika setelah *push button normally open* ditekan lalu dilepas?
5) Apa yang terjadi jika *push button normally close* ditekan?

6. Kunci Jawaban Formatif

1) Rangkaian Pneumatik



2) Rangkaian Elektronik



3) Sistem akan bekerja dengan urutan silinder A maju, silinder B maju, silinder A dan B mundur secara bersamaan dan akan berulang secara terus menerus.

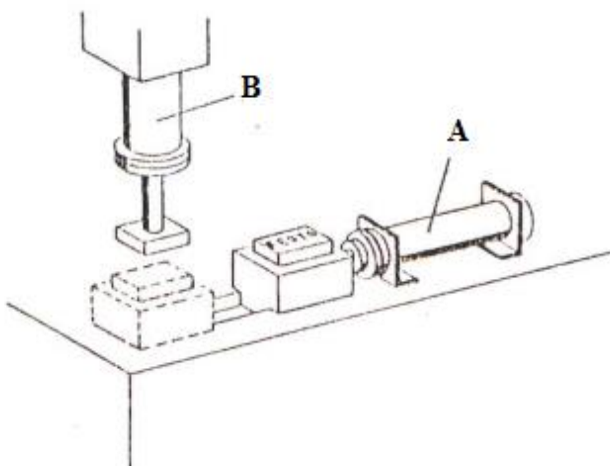
4) Sistem akan tetap bekerja dengan urutan silinder A maju, silinder B maju, silinder A dan B mundur secara bersamaan dan akan berulang secara terus menerus

5) Sistem akan berhenti setelah menyelesaikan langkah terakhir.

7. Lembar Kerja

❖ **Deskripsi Soal**

Mesin stempel bekerja sebagai berikut. Benda plastik yang akan distempel, ditempatkan ke dalam pemegang secara manual, Silinder A mendorong benda tersebut ke bawah alat stempel. Kemudian Silinder B mencetak nama pada benda plastik tersebut, telah selesai mencetak, maka silinder B kembali ke posisi semula. Setelah itu, silinder A kembali ke posisi awal. Proses pencetakan nama dapat berjalan jika ada benda dan tombol start ditekan.



❖ **Alat dan Bahan**

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	Kompresor dan *Air Service Unit*	1 buah
2	Selang penghubung	Secukupnya
3	Katup 5/2 *single solenoid valve* (Silinder A)	1 buah
4	Katup 5/2 *double solenoid valve* (Silinder B)	1 buah
5	*Double Acting Cylinder*	2 buah
6	*Push button / Proximity Switch*	2 buah
7	*Limit Switch*	4 buah

❖ **Keselamatan Kerja**

- Gunakan alat sesuai dengan fungsinya.

- Gunakan pakaian kerja.
- Ikuti instruksi dari guru.

❖ **Langkah Kerja**

a) Identifikasi alat dan bahan yang digunakan

b) Buatlah urutan kerja dengan diagram langkah pemindahan (*displacement step diagram*) dan Grafcet.

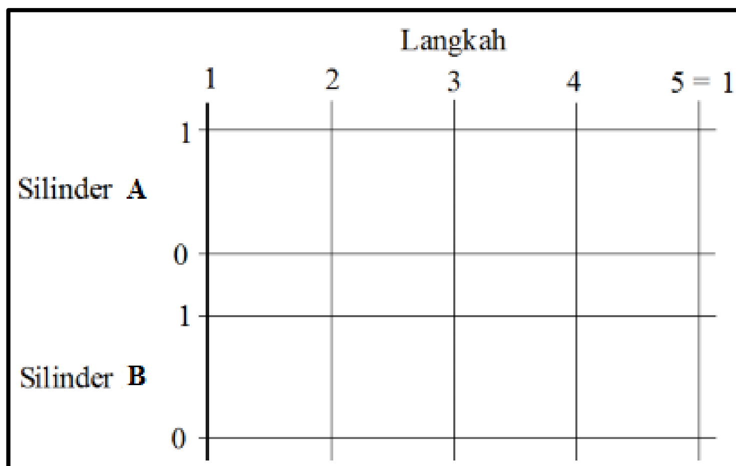
c) Buatlah gambar rangkaian elektropneumatik pada aplikasi FluidSIM 5 Demo

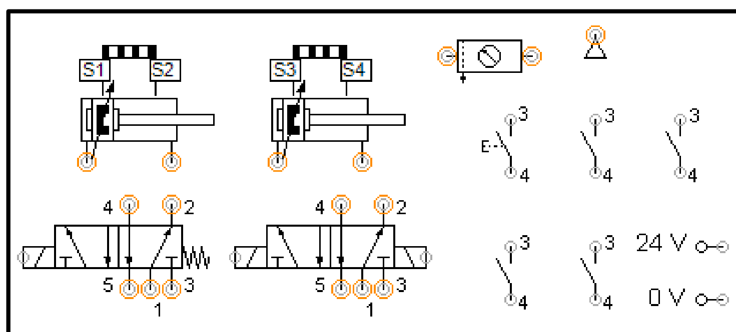
d) Aplikasikan rangkaian tersebut pada trainer pneumatik.

e) Operasikan rangkaian tersebut.

f) Buatlah laporan hasil praktisi yang telah dilaksanakan.

❖ **Gambar Kerja**





Kegiatan Belajar ke-6 (3 x 18 JP)

1. **Tujuan**

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan peserta didik dapat :

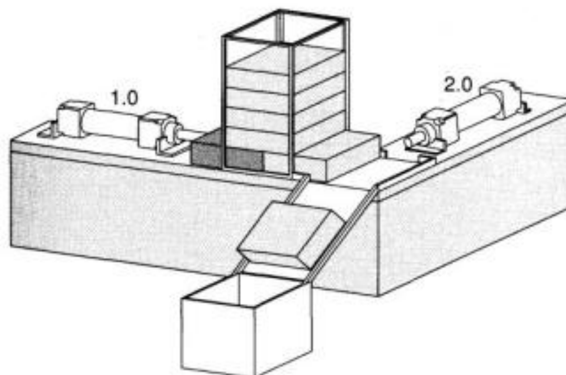
a. Membaca gambar aplikasi rangkaian elektropneumatik dengan menggunakan kontrol berbasis PLC
b. Merangkai dan menjalankan rangkaian elektropneumatik dengan menggunakan kontrol berbasis PLC
c. Menganalisis rangkaian elektropneumatik dengan menggunakan kontrol berbasis PLC

2. **Uraian Materi**

Aplikasi Kontrol Elektropneumatik Menggunakan PLC
Pada Sistem Pemindah Barang

a. **Sistem Pemindah Barang dengan 2 Silinder**

Pada kegiatan belajar 5 rangkaian kontrol menggunakan rangkaian elektronik. Selanjutnya aplikasi rangkaian pneumatik yang digunakan untuk memindahkan suatu benda kerja dari satu posisi ke posisi yang lain dengan kontrol PLC Siemen dan software aplikasi SIMATIC7



Gambar 15. Ilustrasi Sistem Pemindah Barang

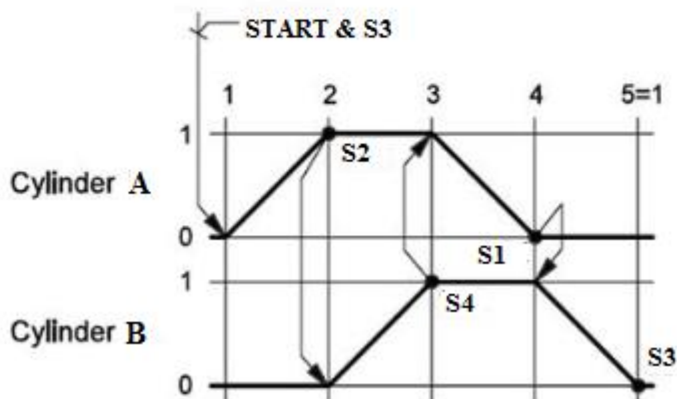
Berikut adalah tabel komponen yang digunakan pada rangkaian pneumatik untuk sistem pemindah barang tersebut.

Tabel 16. Komponen yang digunakan pada rangkaian pneumatik

Komponen	Jumlah
Double acting cylinder	2
5/2 way valve with single solenoid (Cylinder A)	1
5/2 way valve with double solenoid (Cylinder B)	1
Sensor proximity / limit switch	4
Compressed air supply	1

b. Diagram Langkah Pemindahan

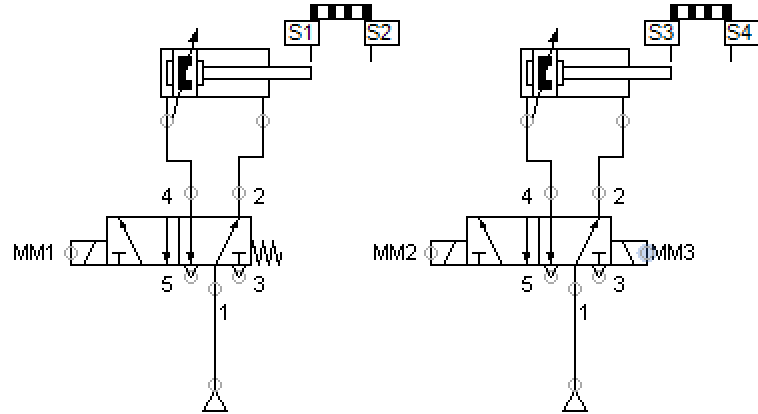
Urutan kerja dapat digambarkan dengan diagram langkah pemindahan (*desplacement step diagram*) pada gambar berikut.



Gambar 16. Diagram Langkah Pemindahan

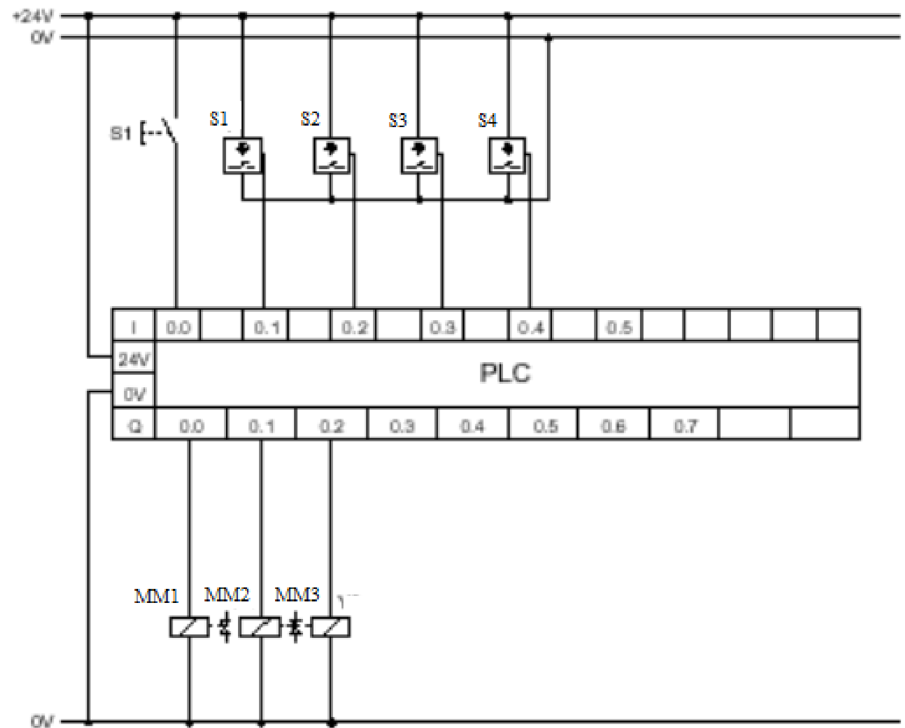
c. Rangkaian Pneumatik

Berdasarkan kebutuhan komponen yang digunakan untuk sistem pemindah barang, maka dapat digambarkan rangkaian pneumatik pada software aplikasi FluidSIM 5 Demo sebagai berikut.



d. Rangkaian Input Output PLC

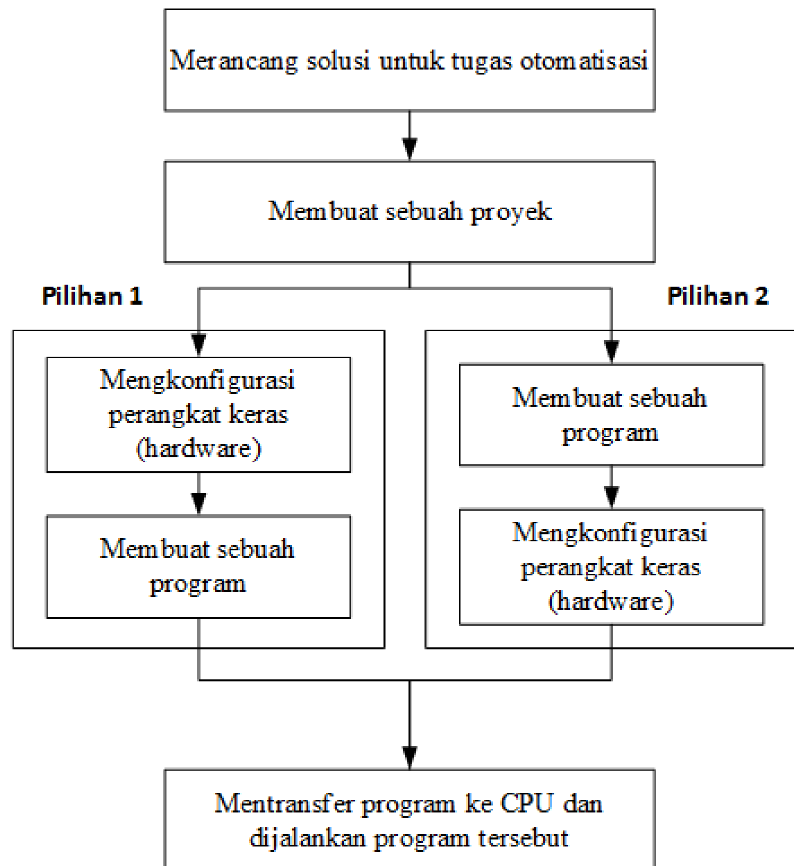
Berdasarkan kebutuhan komponen yang digunakan pada sistem pemindah barang dan rangkaian pneumatik di atas, maka rancangan rangkaian input – output PLC dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 17. Gambar Input Output PLC

e. Langkah membuat program pada PLC Siemens

Sebelum membuat sebuah proyek, perlu diketahui bahwa proyek Step 7 dapat dibuat dalam urutan yang berbeda. Terdapat 2 pilihan dalam membuat proyek yaitu mengkonfigurasi perangkat keras (*hardware*) kemudian membuat sebuah program, atau membuat program terlebih dahulu lalu mengkonfigurasi perangkat keras (*hardware*). Pada kasus ini, maka pilihan pertama yang akan dikerjakan, karena ketika ada kesalahan proses urutan kerja hanya perlu fokus pada program PLC, dengan catatan konfigurasi perangkat keras (*hardware*) telah dilaksanakan testing dan komisioning dengan benar.



Gambar 18. Urutan Membuat Proyek PLC Siemens

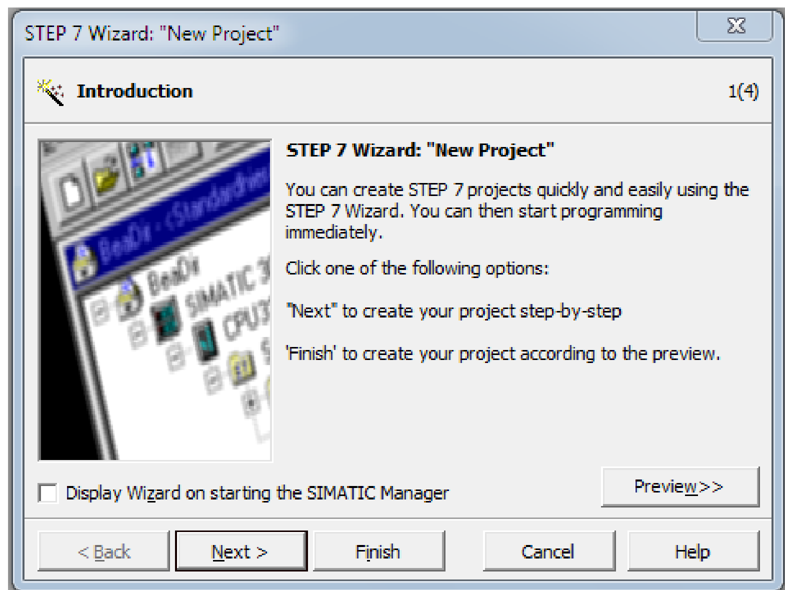
1) Membuat *Project File*

Langkah dalam membuat *project file* adalah sebagai berikut

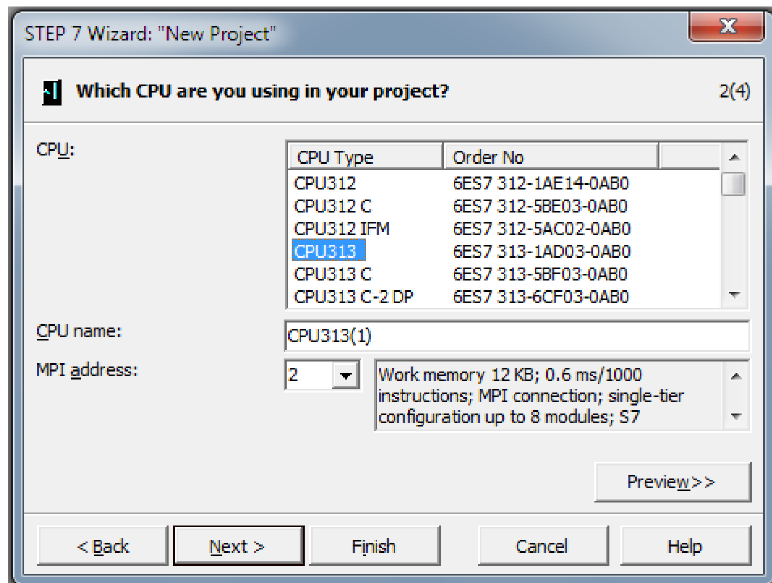
a) Buka program Siemens SIMATIC Step 7 dengan *double* klik ikon



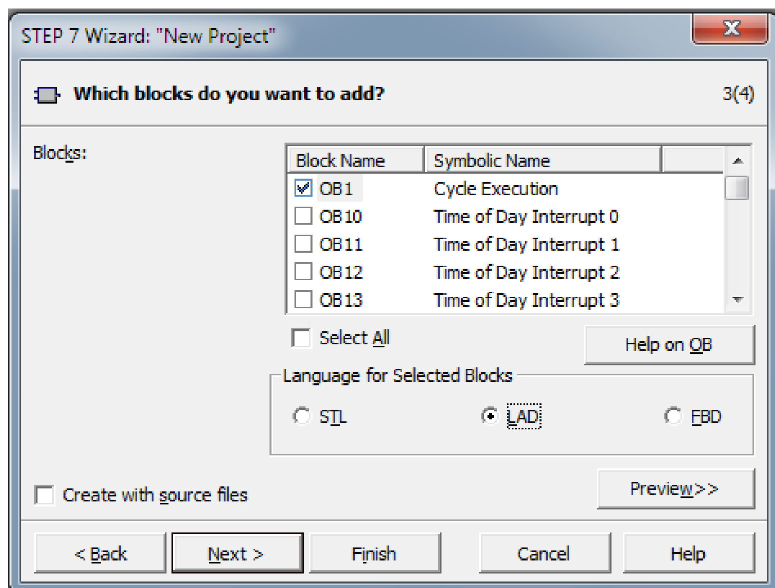
b) *Project wizard* dialog Box akan ditampilkan, jika tidak tampil maka klik *file* → *new project wizard*, maka akan tampil gambar berikut.



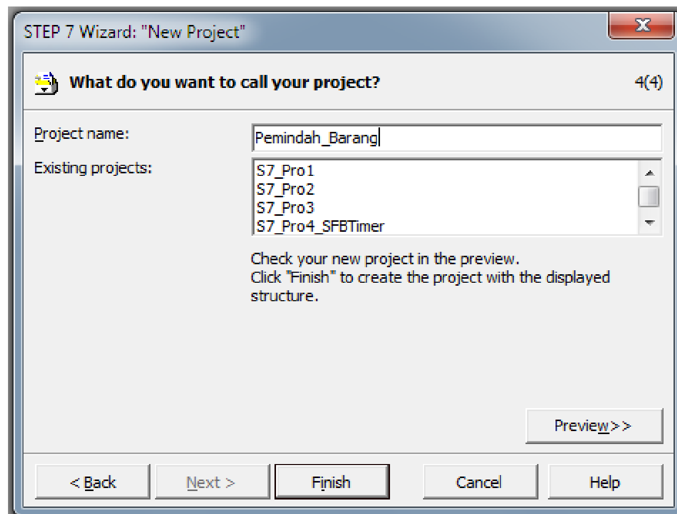
c) Klik *next*, maka akan tampil gambar berikut.



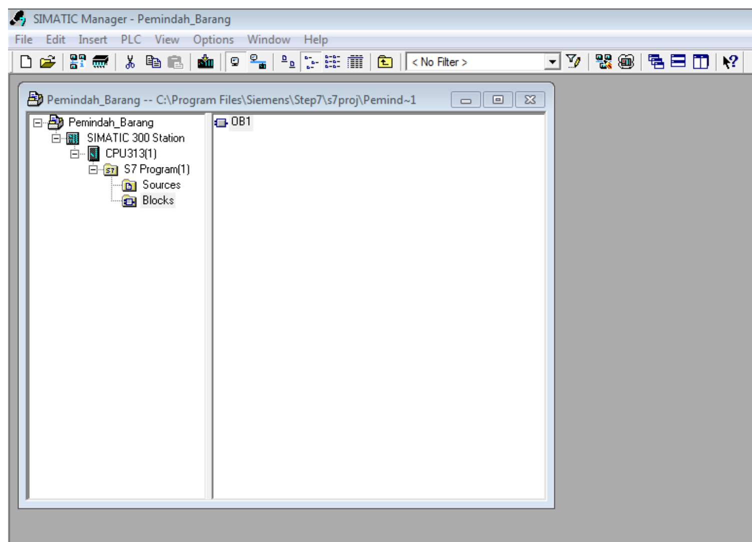
d) Pilih tipe CPU hardware yang akan digunakan, lalu klik next, maka akan tampil gambar berikut.



e) Berikan tanda centang pada blok nama “OB1” lalu pilih salah satu bahasa pemrograman. (bahasa pemrograman juga dapat diubah nanti) klik *next*, maka akan tampil gambar berikut.



f) Tuliskan nama *project file* lalu klik *finish*, maka *project file* akan dibuat, maka akan tampil gambar berikut.

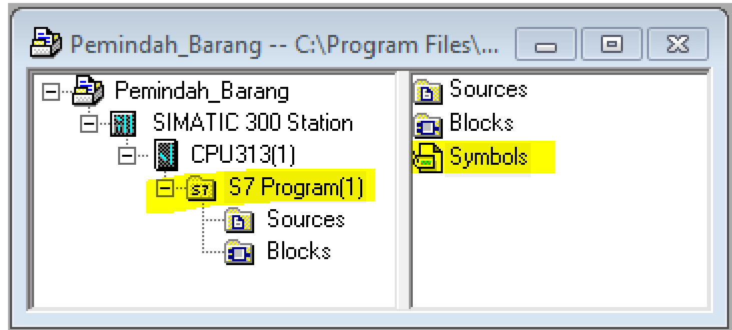


g) Tampilan awal setelah *project file* dibuat, langkah selanjutnya adalah mendeklarasi variabel yang akan digunakan pada bahasa pemrograman.

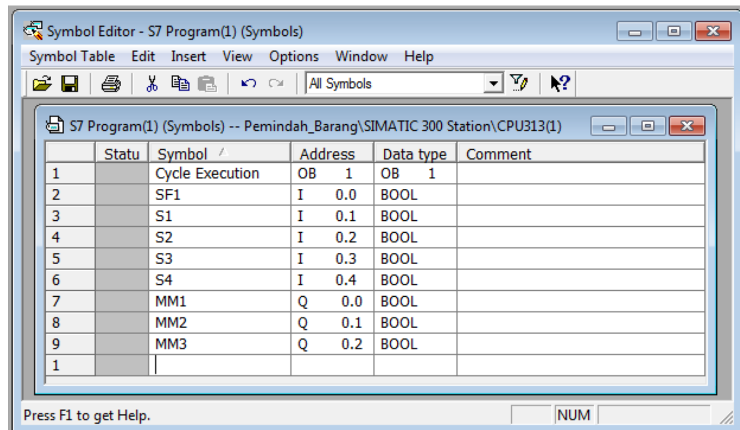
2) Mendeklarasi variabel yang akan digunakan pada bahasa pemrograman

Langkah-langkah untuk mendeklarasi variabel adalah sebagai berikut.

a) Untuk membuka *symbol editor*, klik terlebih dahulu S7 Program(1) → double klik ikon *Symbols*, perhatikan gambar berikut.



b) Isikan variabel yang akan digunakan pada bahasa pemrograman, sebagai contoh untuk program rangkaian elektropneumatik pemindah barang adalah seperti gambar berikut.



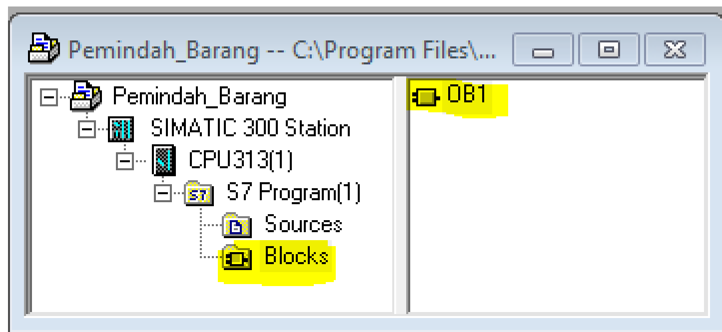
	Statu	Symbol	Address	Data type	Comment
1		Cycle Execution	OB 1	OB 1	
2		SF1	I 0.0	BOOL	
3		S1	I 0.1	BOOL	
4		S2	I 0.2	BOOL	
5		S3	I 0.3	BOOL	
6		S4	I 0.4	BOOL	
7		MM1	Q 0.0	BOOL	
8		MM2	Q 0.1	BOOL	
9		MM3	Q 0.2	BOOL	
1					

c) Setelah semua variabel yang diperlukan sudah diisi, maka klik ikon *Save*. (setiap perubahan yang ada pada *Symbol Editor*, maka perlu di simpan terlebih dahulu sebelum menulis sebuah program.

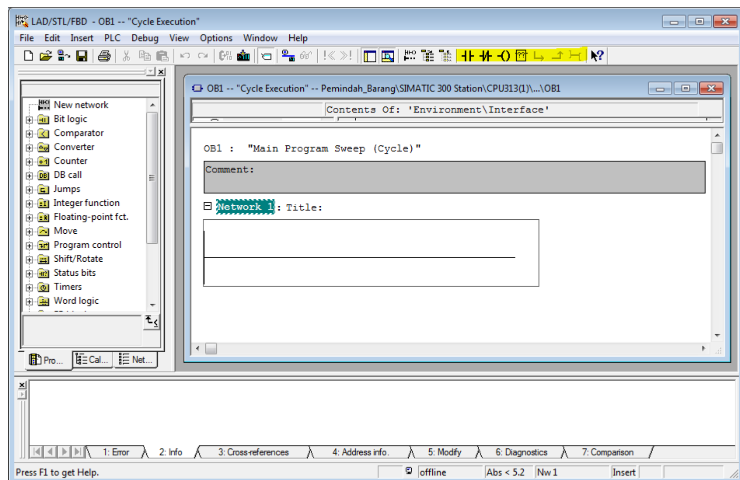
3) Membuat program PLC dengan bahasa Ladder Diagram.

Langkah-langkah menulis sebuah program adalah sebagai berikut.

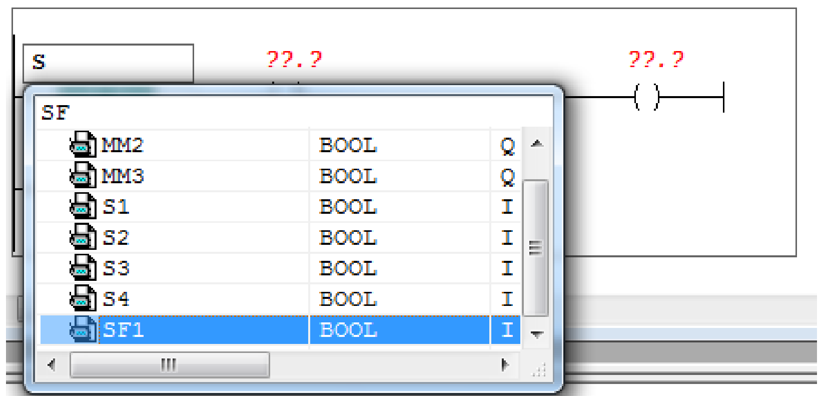
a) Klik terlebih dahulu folder Block → double klik “OB1”, perhatikan gambar berikut.



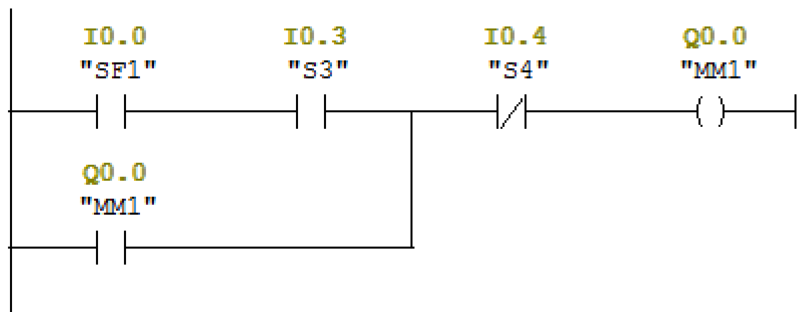
b) Selanjutnya akan tampil Dialog Box OB1 "*Cycle Execution*", warna kuning pada *toolbar*, adalah untuk memasukkan kontak dan koil yang sering dibutuhkan dalam membuat program ladder diagram.



c) Buatlah ladder diagram dengan klik garis yang ada di Network 1 dan klik ikon kontak dan koil, dan berikan nama pada kontak dan koil tersebut.



d) Susunlah rangkaian ladder diagram agar menjadi sebuah program yang benar untuk melaksanakan perintah pada PLC sebagai kontrol dari pneumatik sistem pemindah barang.



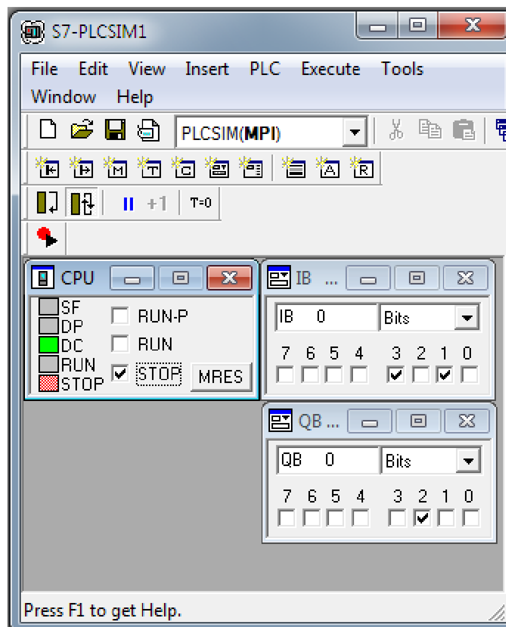




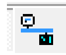
4) *Download/Transfer* program tersebut ke PLC untuk disimulasikan

Setelah membuat program PLC dengan bahasa ladder diagram, maka langkah selanjutnya adalah mentransfer program tersebut ke CPU untuk diuji coba dengan simulasi terlebih dahulu. langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

a) Buka kembali dialog box SIMATIC Manager, kemudian klik ikon simulasi on/off pada toolbar maka akan tampil seperti gambar berikut:



b) Jika dialog box input output belum tampil, maka klik insert → input variabel atau output variabel.

c) Selanjutnya kembali ke dialog box SIMATIC Manager, klik ikon Online  → klik ikon download  (pastikan dialog box S7-PLCSIM1 terbuka dan CPU dalam kondisi STOP)

5) Simulasikan program PLC

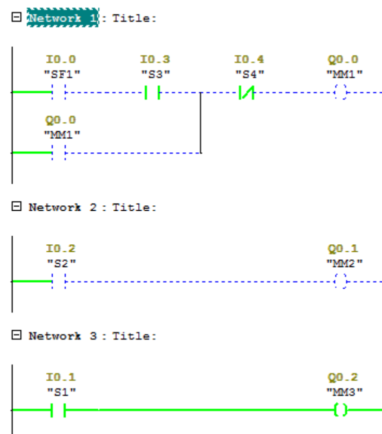
Setelah program ditransfer ke CPU maka langkah selanjutnya mengoperasikan simulasi untuk mengetahui apakah program yang dibuat dapat berjalan dengan benar. Langkah-langkah untuk mengoperasikan simulasi adalah sebagai berikut.

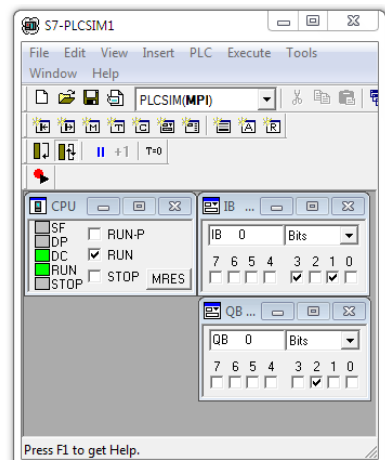
a) Buka dialog box OB1 "Cycle Execution" lalu klik ikon Monitoring untuk melihat aliran arus yang terjadi pada program tersebut.

b) Buka dialog box S7-PLCSIM lalu Klik/berikan tanda centang RUN untuk menjalankan simulasi.

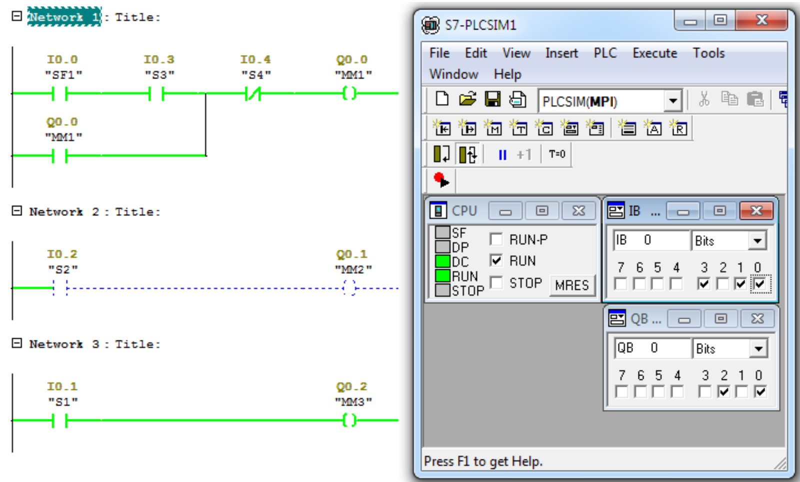
c) Operasikan input variabel dengan memberi tanda centang dan perhatikan aksi yang terjadi pada output variabel serta Monitoring OB1

➢ Kondisi awal, Silinder A dan B mundur, Solenoid MM3 aktif

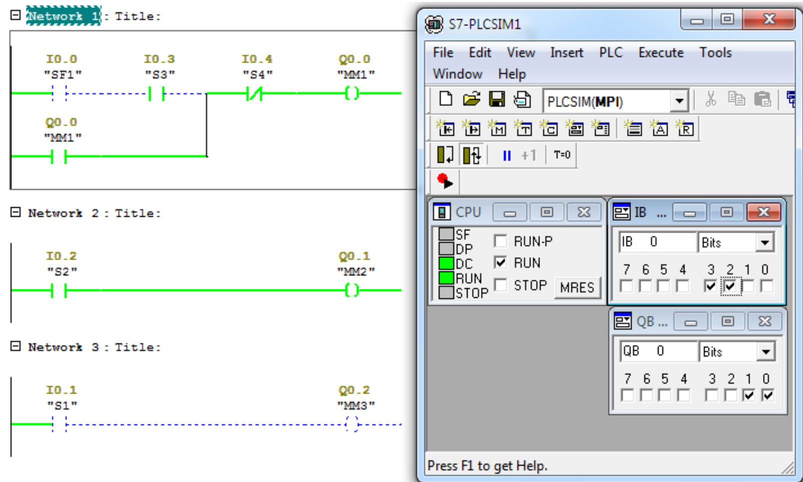




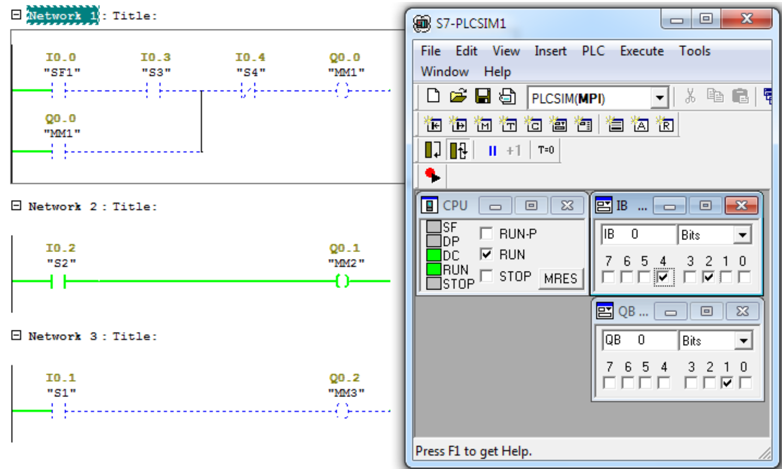
➢ Push button SF1 ditekan, solenoid MM1 aktif



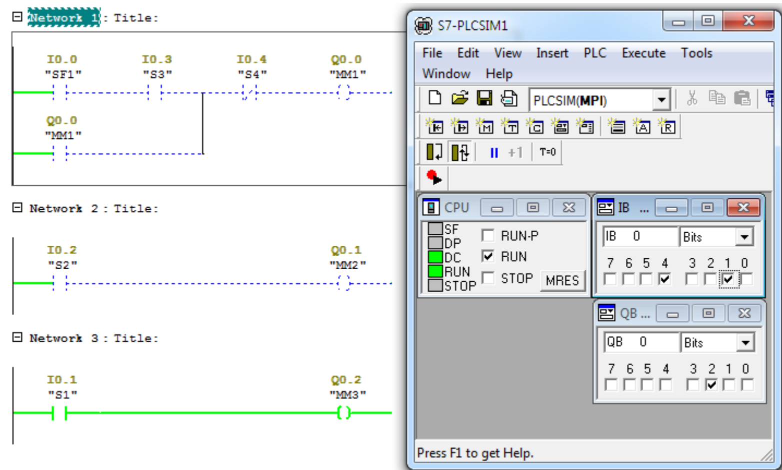
➢ Silinder A maju dan menyentuh S2, Solenoid MM2 aktif



- Silinder B maju dan menyentuh S4, Solenoid MM1 mati



- Silinder A mundur dan menyentuh S1, Solenoid MM3 aktif, lalu kembali ke kondisi awal

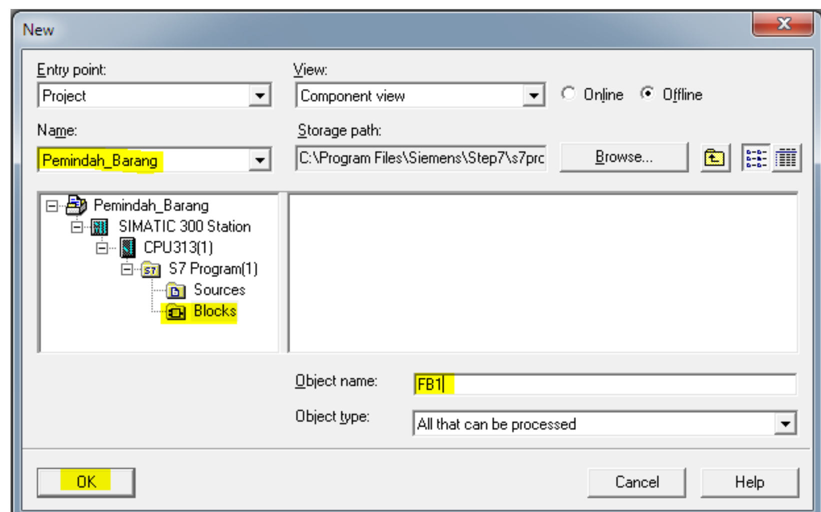


d) Jika program sudah berjalan dengan benar maka lakukan transfer pada *hardware* PLC, jika program belum benar maka ulangi langkah menulis program. Klik STOP CPU simulasi dan *offline* pada SIMATIC Manager terlebih dahulu sebelum mengedit program ladder diagram.

f. **Langkah Pemrograman Function Block Diagram**

Selain menggunakan bahasa pemrograman ladder diagram, software aplikasi SIMATIC 7 juga mendukung bahasa pemrograman Function Block Diagram (FBD). Langkah-langkah dalam membuat program Sequence Contro System dengan menggunakan Step 7 Graph sesuai fungsi kerja yang sama dengan program ladder diagram diatas adalah sebagai berikut.

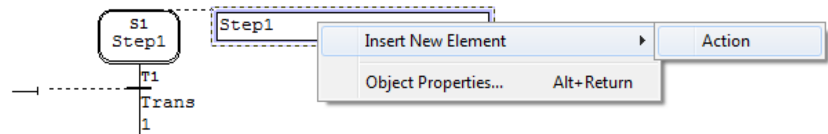
1) Buka dialog box SIMATIC Manager, dengan project yang sama (yaitu Pemindah_Barang).
2) Buka program S7-GRAPH –Programming Sequential Control Systems dengan cara klik Start windows → All program → Siemens automation → SIMATIC → STEP7 → S7-GRAPH –Programming Sequential Control Systems.
3) Setelah jendela program S7-GRAPH –Programming Sequential Control Systems terbuka, lalu klik File → new maka akan tampil gambar berikut.



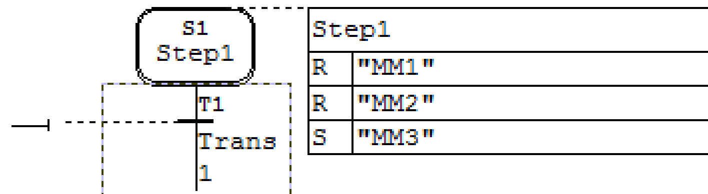
4) Pada name pilih nama project yang sesuai dengan project file yang telah dibuat, kemudian klik tanda + sampai masuk pada folder Blocks, lalu isikan Object name dengan diawali huruf “FB” dan

dilanjutkan nomor, Klik OK, maka akan tampil jendela S7_Graph dan pada SIMATIC Manager folder Blocks akan tampil OB1 dan FB1

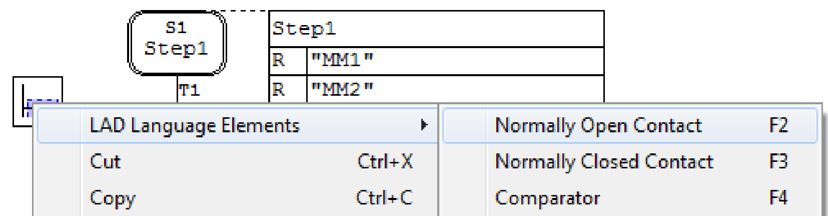
5) Selanjutnya tampilan diubah dengan bahasa ladder sebagai bahasa yang akan digunakan untuk transition step, lalu lakukan pembuatan program dengan klik kanan pada Step 1 → Insert New Element → Action.



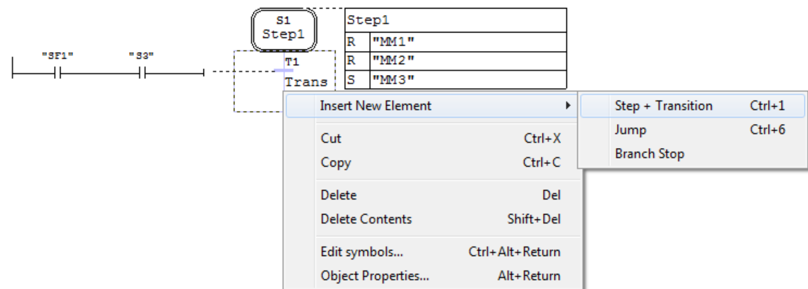
6) Tuliskan Initial Step pada langkah pertama yaitu Reset MM1, Reset MM2 dan Set MM3. Fungsi ini bertujuan agar langkah awal semua silinder pada posisi mundur.



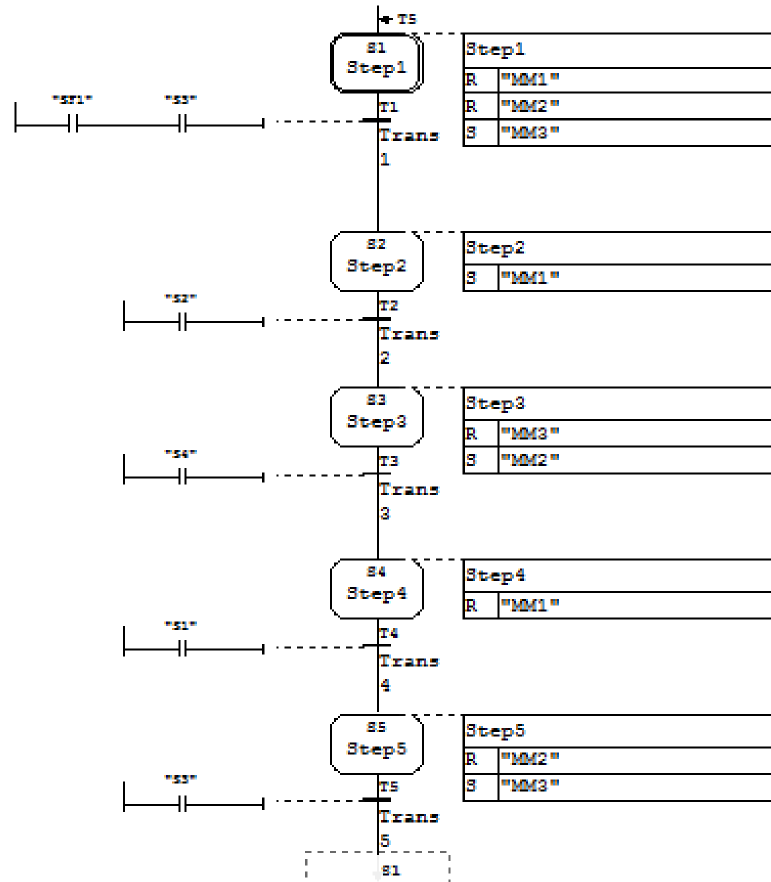
7) Klik kanan Transition → LAD Language Elements → NO Contact



8) Klik kanan pada T1 Trans →Insert New Element → Step + Transition

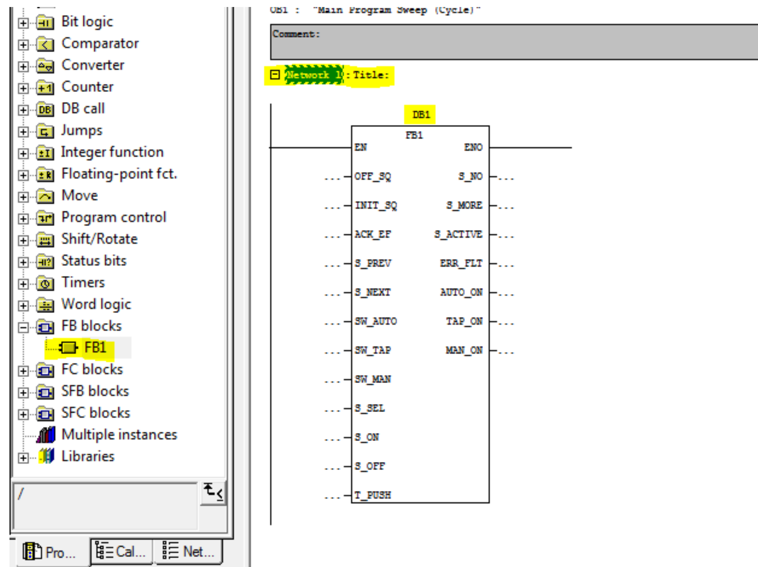


9) Ulangi langkah 7 dan 8 sampai block diagram sesuai dengan fungsi kerja.



10) Pada T5 Transition 5, klik kanan Insert New Element → Jump, tuliskan angka 1 untuk kembali ke langkah 1, lalu klik Save.

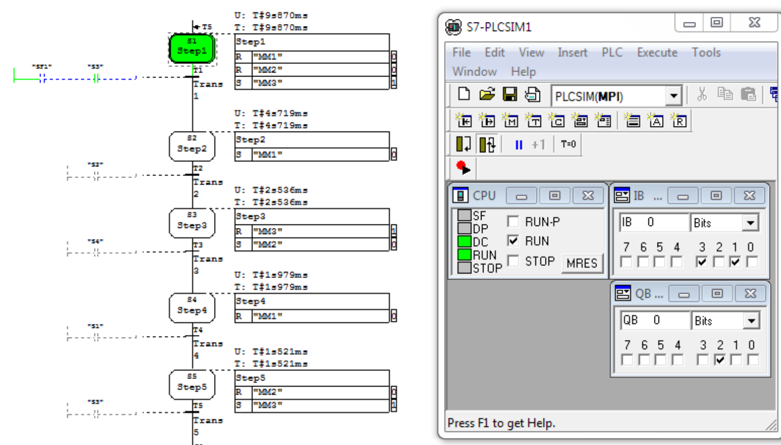
11) Kembali ke jendela SIMATIC Manager, Klik Folder Blocks → OB1



12) Masukan FB1 ke Network 1 dan berikan nama DB1 lalu klik Save.

13) Lakukan *download* dengan memilih semua komponen pada folder blocks jendela SIMATIC Manager.

14) Lakukan Operasi Simulasi pada jendela S7-PLCSIM, sama seperti pemrograman ladder, dan perhatikan yang terjadi pada *Function Block Diagram*.



3. Rangkuman

Langkah pokok merancang sebuah proyek berbasis PLC

- Merancang solusi untuk tugas otomasi
- Membuat sebuah proyek
- Mengkonfigurasi perangkat keras (*hardware*)
- Membuat sebuah program
- Menstransfer program ke CPU dan dijalankan program tersebut

4. Tugas

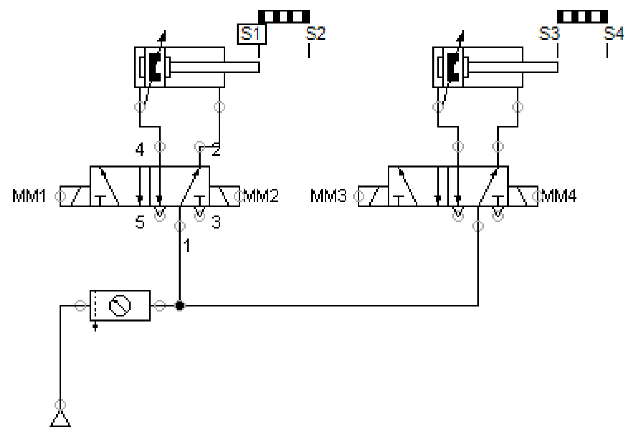
a. Buatlah aplikasi rangkaian pneumatik sistem pemindah barang dengan kontrol berbasis PLC sesuai langkah-langkah pada uraian materi di atas.

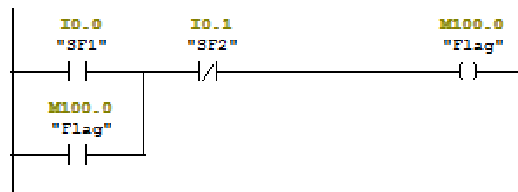
b. Amati rangkaian tersebut, lalu diskusikan dengan teman dalam kelompok mengenai

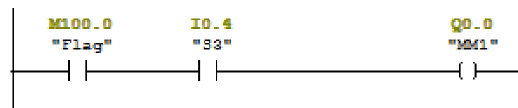
- Perbedaan pemrograman dengan bahasa pemrograman *ladder diagram* dan *function block diagram*
- Kembangkanlah program tersebut dengan menggunakan rangkaian start stop.

5. Tes Formatif

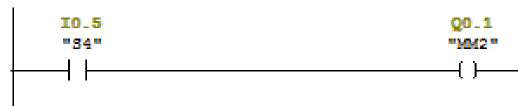
1) Sebutkan langkah-langkah pokok untuk merancang sebuah proyek sistem pneumatik dengan menggunakan kontrol berbasis PLC!
2) Sebutkan langkah-langkah pokok untuk membuat program PLC Siemens sampai program dapat disimulasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman ladder diagram !
3) Jelaskan secara singkat langkah-langkah membuat project file !
4) Perhatikan rangkaian pneumatik dan ladder diagram berikut, jelaskan cara kerja dari rangkaian tersebut !

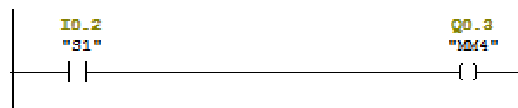

S1
S2
S3
S4
4
2
MM1
MM2
MM3
MM4
5
3
1


Network 1 : Title:
I0.0
"SF1"
I0.1
"SF2"
M100.0
"Flag"
M100.0
"Flag"


Network 2 : Title:
M100.0
"Flag"
I0.4
"S3"
Q0.0
"MM1"


Network 3 : Title:
I0.3
"S2"
Q0.2
"MM3"


Network 4 : Title:
I0.5
"S4"
Q0.1
"MM2"


Network 5 : Title:
I0.2
"S1"
Q0.3
"MM4"

5) Jelaskan secara singkat, langkah-langkah pembuatan program PLC dengan menggunakan bahasa pemrograman function block diagram.

6. Kunci Jawaban Formatif

1) Langkah pokok merancang sebuah proyek berbasis PLC
- Merancang solusi untuk tugas otomasi
- Membuat sebuah proyek
- Mengkonfigurasi perangkat keras (hardware)
- Membuat sebuah program
- Menstransfer program ke CPU dan dijalankan program tersebut

2) Langkah pokok membuat program PLC Siemens
   - Membuat project file
   - Mendeklasaikan variabel yang akan digunakan pada bahasa pemrograman
   - Membuat program PLC dengan bahasa ladder diagram
   - Download/Transfer program tersebut ke PLC simulasi
   - Simulasikan program PLC

3) Langkah membuat Project file
   a) Buka program Siemens SIMATIC Step 7 dengan *double* klik ikon
   b) Project wizard dialog Box akan ditampilkan, jika tidak tampil maka klik file → new project wizard → next
   c) Pilih tipe CPU hardware yang akan digunakan, lalu klik next,
   d) Berikan tanda centang pada blok nama “OB1” lalu pilih salah satu bahasa pemrograman. (bahasa pemrograman juga dapat diubah nanti) klik next,
   e) Tuliskan nama project file lalu klik finish, maka project file akan dibuat

4) Ketika *push button* SF1 ditekan maka akan memberikan output Flag memory dan mengunci sampai dengan push button SF2 ditekan. Selam Flag memory aktif akan menjalankan sistem dengan urutan kerja A+ B+ A- B-

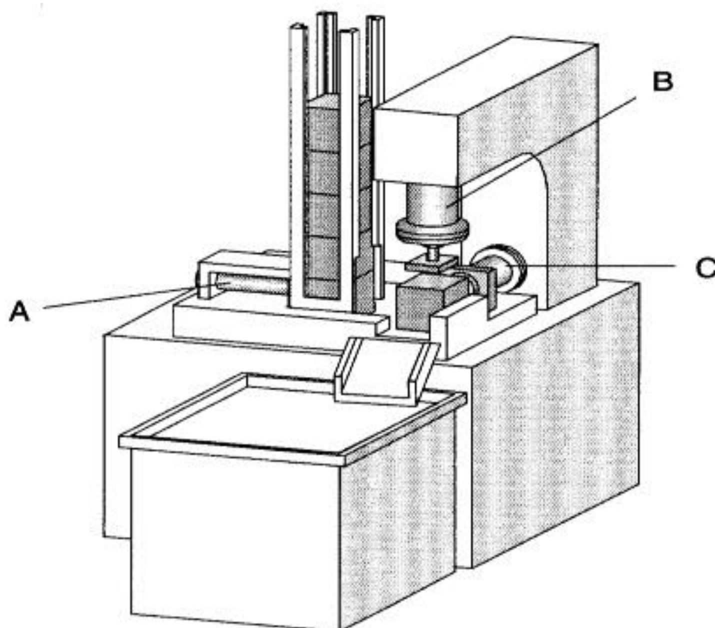
5) Langkah membuat
   a) Buka dialog box SIMATIC Manager,
   b) Buka program S7-GRAPH - new
   c) Pada name pilih nama project yang sesuai dengan project file yang telah dibuat,
   d) Selanjutnya tampilan diubah dengan bahasa ladder lalu lakukan pembuatan program dengan klik kanan pada Step 1 → Insert New Element → Action.
   e) Tuliskan Initial Step pada langkah pertama
   f) Klik kanan Transition → LAD Language Elements → NO Contact
   g) Klik kanan pada T1 Trans →Insert New Element → Step + Transition
   h) Ulangi langkah 7 dan 8 sampai block diagram sesuai dengan fungsi kerja.
   i) Pada T5 Transition 5, klik kanan Insert New Element → Jump, tuliskan angka 1 untuk kembali ke langkah 1, lalu klik Save.
   j) Kembali ke jendela SIMATIC Manager, Klik Folder Blocks → OB1
   k) Masukan FB1 ke Network 1 dan berikan nama DB1 lalu klik Save.
   l) Lakukan download dengan memilih semua komponen pada folder blocks jendela SIMATIC Manager.
   m) Lakukan Operasi Simulasi pada jendela S7-PLCSIM, sama seperti pemrograman ladder, dan perhatikan yang terjadi pada Function Block Diagram.

7. Lembar Kerja

❖ **Deskripsi Soal**

Mesin samping yang dilengkapi dengan tiga buah silinder pneumatik bekerja sebagai berikut. Benda kerja yang akad distemping telah disusun pada tempatnya (lihat gambar) dan dapat turun oleh beratnya sendiri. Silinder A mendoring benda kerja dan sekaligus menjepit (damping). Pada saat itu silinder B melakukan samping. Setelah selesai samping,

silinder A mundur dan kemudian silinder C mendorong benda kerja keluar.



❖ **Alat dan Bahan**

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	Kompresor dan *Air Service Unit*	1 buah
2	Selang penghubung	Secukupnya
3	Katup 5/2 *single solenoid valve* (Silinder A)	1 buah
4	Katup 5/2 *double solenoid valve* (Silinder B)	1 buah
5	Katup 5/2 *double solenoid valve* (Silinder C)	1 buah
6	*Double Acting Cylinder*	3 buah
7	*Push button / Proximity Switch*	2 buah
8	*Limit Switch*	6 buah

❖ **Keselamatan Kerja**

- Gunakan alat sesuai dengan fungsinya.
- Gunakan pakaian kerja.

- Ikuti instruksi dari guru.

❖ **Langkah Kerja**

a) Identifikasi alat dan bahan yang digunakan

b) Buatlah urutan kerja dengan diagram langkah pemindahan (*desplacement step diagram*).

c) Buatlah gambar rangkaian pneumatik pada aplikasi FluidSIM 5 Demo

d) Buatlah program PLC dengan menggunakan bahasa pemrograman ladder diagram.

e) Buatlah program PLC dengan menggunakan bahasa pemrograman function block diagram.

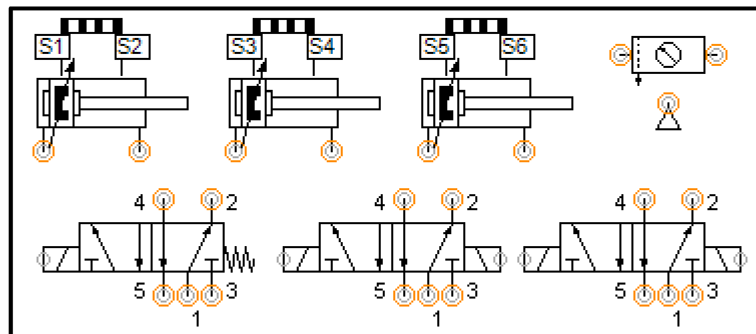
f) Aplikasikan rangkaian tersebut pada trainer pneumatik.

g) Operasikan rangkaian tersebut.

h) Buatlah laporan hasil praktisi yang telah dilaksanakan.

❖ **Gambar Kerja**

		1	2	3	4	5	6	7=1	
A	1								S1
	0								S2
B	1								S3
	0								S4
C	1								S5
	0								S6

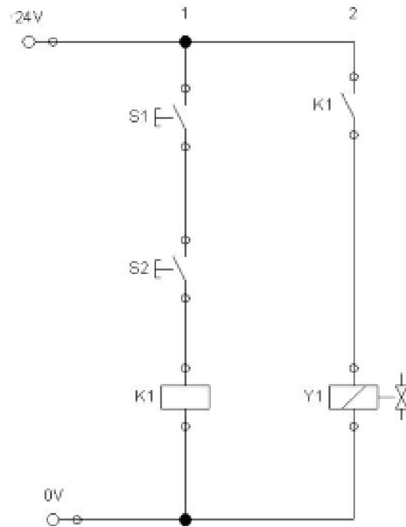

S1
S2
S3
S4
S5
S6
4
2
5
3
1
4
2
5
3
1
4
2
5
3
1

BAB III
EVALUASI

A. TES KOGNITIF

Pilihlah salah satu jawaban yang tepat !

1. Komponen berikut yang termasuk dalam kategori input adalah?
   a. Katup kontrol aliran
   b. Sensor
   c. Pengendali memori
   d. Indikator
2. Perhatikan gambar berikut ! Manakah yang termasuk dalam elemen pemroses sinyal ?



   a. Tombol S1 dan S2
   b. Koil K1 dan kontak NO K1
   c. Kontak No K1 dan Solenoid Y1
   d. Solenoid Y1
3. Dalam standar penggambaran desain kontrol, kemanakah arah rangkaian sinyal untuk rangkaian pneumatik?
   a. Ke atas
   b. Ke bawah

c. Ke samping kiri

d. Ke samping kanan

4. Dalam standar penggambaran desain kontrol, kemanakah arah rangkaian sinyal untuk rangkaian elektronik?

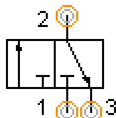
a. Ke atas

b. Ke bawah

c. Ke samping kiri

d. Ke samping kanan

5. Perhatikan gambar berikut ! Lubang nomor berapa yang disebut lubang buang ?



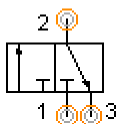
a. 1

b. 1 dan 2

c. 2 dan 4

d. 3

6. Perhatikan gambar berikut ! Lubang nomor berapa yang disebut lubang masukan ?



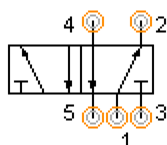
a. 1

b. 1 dan 2

c. 2 dan 4

d. 3 dan 5

7. Perhatikan gambar berikut ! Lubang nomor berapa yang disebut lubang keluaran ?



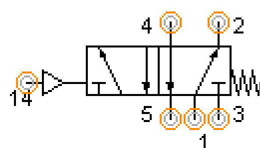
a. 1

b. 1 dan 2

c. 2 dan 4

d. 3 dan 5

8. Perhatikan gambar berikut ! Lubang nomor berapa yang disebut lubang sinyal pengaktifan ?



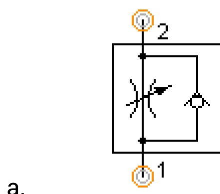
a. 14

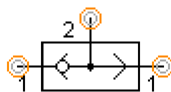
b. 1 dan 2

c. 1 dan 14

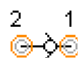
d. 3 dan 5

9. Katup yang berfungsi mengatur kecepatan aliran udara satu arah adalah?

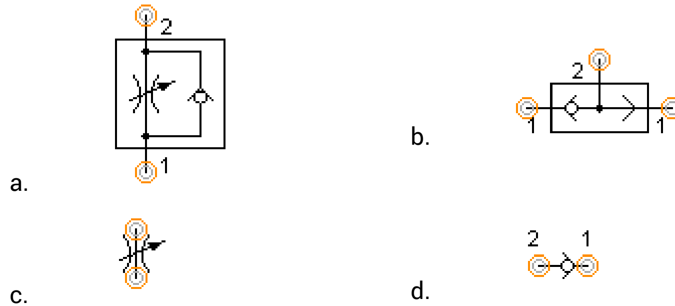
a. 

b. 

c. 

d. 

10. Katup yang berfungsi mengatur kecepatan aliran udara dua arah adalah?



Jawablah pertanyaan di bawah ini !

6) Jelaskan pengertian dari elektropneumatik !

7) Jelaskan perbedaan antara rangkaian pneumatik dan elektropneumatik !

8) Jelaskan pembagian sakelar berdasarkan cara kerjanya dan jenis kontaknya!

9) Jelaskan cara kerja dan aplikasi penggunaan *limit switch* pada rangkaian elektropneumatik !

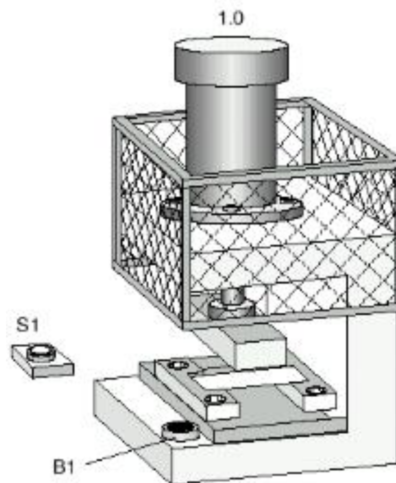
10) Jelaskan macam-macam sakelar proksimitas (*Proximity Switch*) !

B. TES PSIKOMOTORIK

Lembar Kerja 1

❖ **Deskripsi Soal**

Sebuah mesin Pres Cap 1.0 akan bekerja (bergerak maju) jika sebuah tombol digerakkan dan tutup pelindung ditutup. Jika salah satu dari kondisi ini tidak dipenuhi,maka peralatan pres akan segera kembali ke posisi mundur. Posisi tertutup pelindung penjaga B1 dideteksi oleh proximity swtich B1. Alat press maju atau ditarik kembali dengan menggunakan *single solenoid valve* MM1



.

❖ **Alat dan Bahan**

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	Kompresor dan *Air Service Unit*	1 buah
2	Selang penghubung	Secukupnya
3	Katup 3/2 *single solenoid valve*	1 buah
4	*Single Acting Cylinder*	1 buah
5	*Push button / Proximity Switch*	2 buah

❖ **Keselamatan Kerja**

- Gunakan alat sesuai dengan fungsinya.
- Gunakan pakaian kerja.
- Ikuti instruksi dari guru.

❖ **Langkah Kerja**

f) Identifikasi alat dan bahan yang digunakan

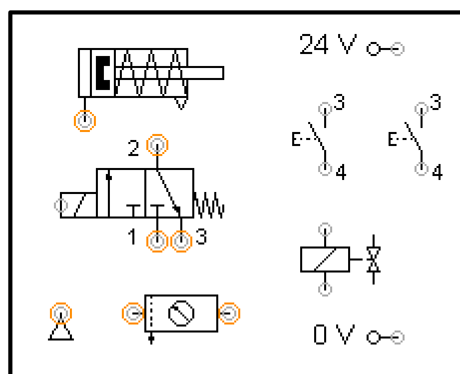
g) Buatlah gambar rangkaian elektropneumatik pada aplikasi FluidSIM 5 Demo

h) Aplikasikan rangkaian tersebut pada trainer pneumatik.

i) Operasikan rangkaian tersebut.

j) Buatlah laporan hasil praktisi yang telah dilaksanakan.

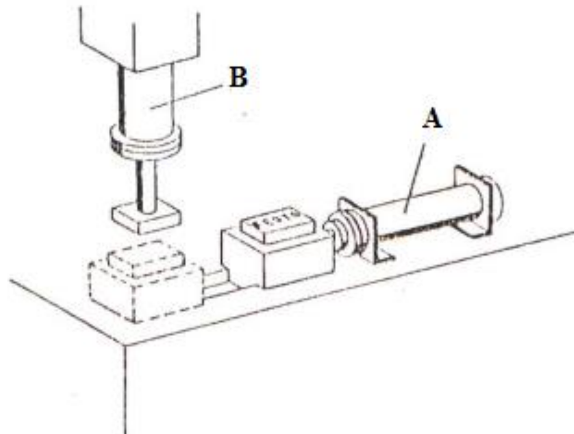
❖ **Gambar Kerja**



Lembar Kerja 2

❖ **Deskripsi Soal**

Mesin stempel bekerja sebagai berikut. Benda plastik yang akan distempel, ditempatkan ke dalam pemegang secara manual, Silinder A mendorong benda tersebut ke bawah alat stempel. Kemudian Silinder B mencetak nama pada benda plastik tersebut, telah selesai mencetak, maka silinder B kembali ke posisi semula. Setelah itu, silinder A kembali ke posisi awal. Proses pencetakan nama dapat berjalan jika ada benda dan tombol start ditekan.



❖ **Alat dan Bahan**

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	Kompresor dan *Air Service Unit*	1 buah
2	Selang penghubung	Secukupnya
3	Katup 5/2 *single solenoid valve* (Silinder A)	1 buah
4	Katup 5/2 *double solenoid valve* (Silinder B)	1 buah
5	*Double Acting Cylinder*	2 buah
6	*Push button / Proximity Switch*	2 buah
7	*Limit Switch*	4 buah

❖ **Keselamatan Kerja**

- Gunakan alat sesuai dengan fungsinya.
- Gunakan pakaian kerja.
- Ikuti instruksi dari guru.

❖ **Langkah Kerja**

g) Identifikasi alat dan bahan yang digunakan

h) Buatlah urutan kerja dengan diagram langkah pemindahan (*desplacement step diagram*) dan Grafcet.

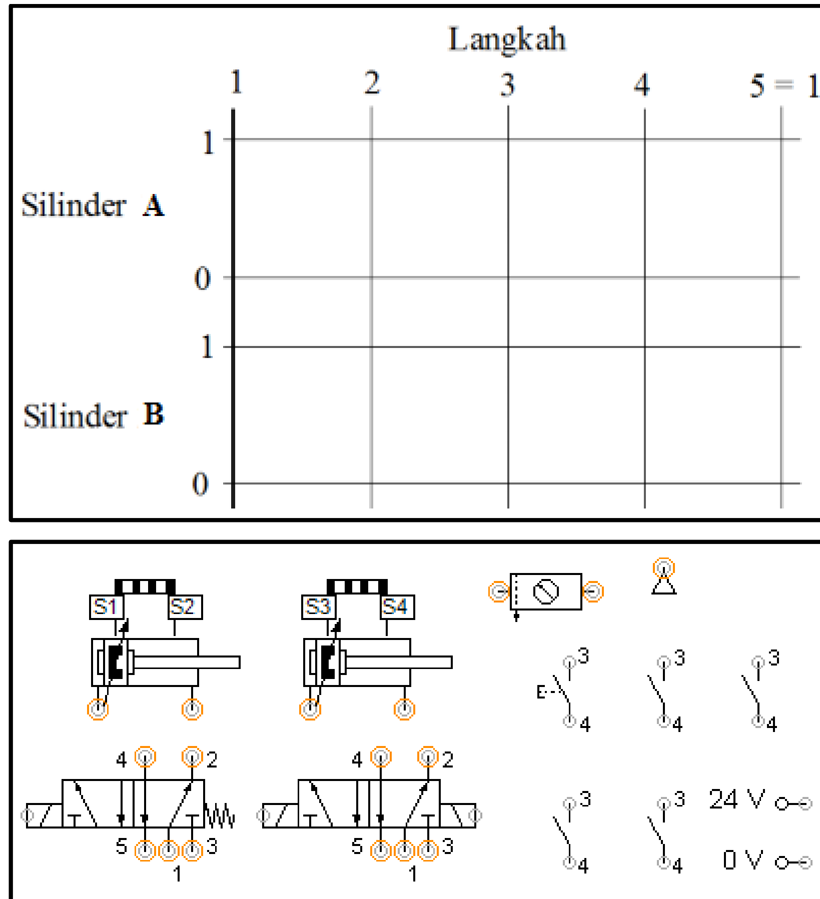
i) Buatlah gambar rangkaian elektropneumatik pada aplikasi FluidSIM 5 Demo

j) Aplikasikan rangkaian tersebut pada trainer pneumatik.

k) Operasikan rangkaian tersebut.

l) Buatlah laporan hasil praktisi yang telah dilaksanakan.

❖ **Gambar Kerja**

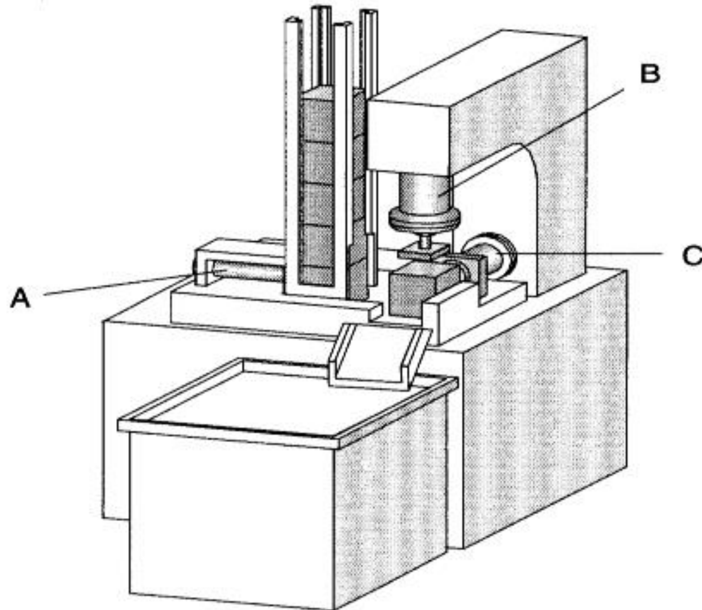


Lembar Kerja 3

❖ **Deskripsi Soal**

Mesin samping yang dilengkapi dengan tiga buah silinder pneumatik bekerja sebagai berikut. Benda kerja yang akad distemping telah disusun pada tempatnya (lihat gambar) dan dapat turun oleh beratnya sendiri. Silinder A mendoring benda kerja dan sekaligus menjepit (damping). Pada saat itu

silinder B melakukan samping. Setelah selesai samping, silinder A mundur dan kemudian silinder C mendorong benda kerja keluar.



❖ **Alat dan Bahan**

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	Kompresor dan *Air Service Unit*	1 buah
2	Selang penghubung	Secukupnya
3	Katup 5/2 *single solenoid valve* (Silinder A)	1 buah
4	Katup 5/2 *double solenoid valve* (Silinder B)	1 buah
5	Katup 5/2 *double solenoid valve* (Silinder C)	1 buah
6	*Double Acting Cylinder*	3 buah
7	*Push button / Proximity Switch*	2 buah
8	*Limit Switch*	6 buah

❖ **Keselamatan Kerja**

- Gunakan alat sesuai dengan fungsinya.
- Gunakan pakaian kerja.

- Ikuti instruksi dari guru.

❖ **Langkah Kerja**

i) Identifikasi alat dan bahan yang digunakan

j) Buatlah urutan kerja dengan diagram langkah pemindahan (*desplacement step diagram*).

k) Buatlah gambar rangkaian pneumatik pada aplikasi FluidSIM 5 Demo

l) Buatlah program PLC dengan menggunakan bahasa pemrograman ladder diagram.

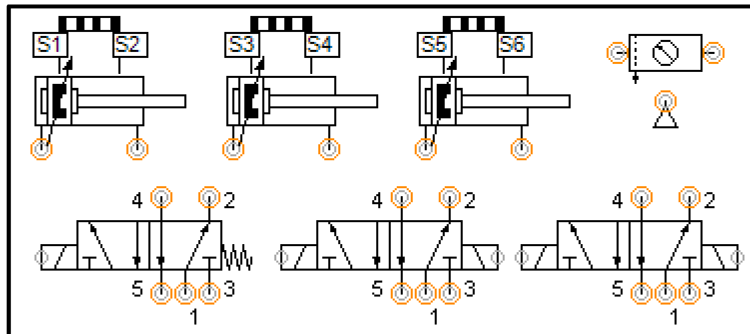
m) Buatlah program PLC dengan menggunakan bahasa pemrograman function block diagram.

n) Aplikasikan rangkaian tersebut pada trainer pneumatik.

o) Operasikan rangkaian tersebut.

p) Buatlah laporan hasil praktisi yang telah dilaksanakan.

❖ **Gambar Kerja**



C. KUNCI JAWABAN

Pilihan Ganda

1. B
2. C
3. A
4. B
5. D
6. A
7. C
8. A
9. A
10. C

Essay

1. Elektropneumatik merupakan pengembangan dari pneumatik, yaitu media kerja atau tenaga penggerak menggunakan energi pneumatik sedangkan media kontrolnya menggunakan sinyal listrik.
2. Rangkaian Pneumatik merupakan rangkaian sistem dengan penggerak dan kontrol pneumatik, sedangkan rangkaian elektropneumatik merupakan rangkaian sistem dengan penggerak pneumatik dan kontrol elektronik.
3. Berdasarkan cara kerjanya sakelar terdiri dari dua jenis yaitu sakelar *push button* dan *detent switch*.

- *Detent switch* yaitu sakelar yang digerakkan secara mekanis dalam menentukan posisi ON atau OFF pada kontaknya. Posisi tersebut tidak akan kembali ke posisi semula (tetap) selama posisi akhir dari tuas mekaniknya tidak diubah.
- *Push button* yaitu sakelar yang akan bekerja selama tuas dari sakelar tersebut ditekan, dan akan kembali ke posisi semula bila sakelar tersebut sudah tidak ditekan kembali.

Berdasarkan jenis kontaknya sakelar terdiri dari dua jenis yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC).

- *Normally Open* yaitu sakelar dengan posisi awal kontak terbuka sebelum ditekan atau diaktuasi dan akan tertutup jika ditekan atau diaktuasi.
- *Normally* Close yaitu sakelar dengan posisi awal kontak tertutup sebelum ditekan atau diaktuasi dan akan terbuka jika ditekan atau diaktuasi.

4. Apabila suatu bagian mesin menyentuh *roller* atau tuas dari *limit switch* maka *limit switch* tersebut akan mengeluarkan sinyal elektrik untuk mengendalikan suatu sistem.

5) Red Switch

Reed switch adalah sakelar proksimitas yang bekerja secara kemagnetan, terdiri dari dua kontak yang diletakan di dalam tabung gelas berisi gas. Medan magnet yang menyebabkan kedua kontak tersebut terhubung sehingga dapat mengalirkan arus listrik.

6) Proximity Switch Inductif

Sensor *proximity inductif* terdiri dari oscilator (1), frekuensi modulasi (2) dan amplifier (3). Bila sumber tegangan dihubungkan, oscilator tersebut membangkitkan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi yang terinduksi di depan sensor. Sensor *proximity inductif* dapat digunakan untuk mendeteksi objek logam.

7) Proximity Switch Capasitif

Sensor *proximity capacitif* sama dengan Sensor *proximity inductif* terdiri dari osilator (1), frekuensi modulasi (2) dan amplifier (3). Bila sumber tegangan dihubungkan, oscilator RC tersebut membangkitkan

gelombang elektromagnetik dengan frekuensi tinggi yang terinduksi di depan sensor. Sensor *proximity inductif* dapat digunakan untuk mendeteksi objek non logam.

8) Proximity Switch Optic

Sensor *proximity optic* memanfaatkan sarana optik dan elektronik untuk mendeteksi suatu objek menggunakan cahaya inframerah. Light Emiting Diode (LED) digunakan sebagai pembangkit cahaya inframerah dan foto transistor dimanfaatkan sebagai penerima. Sensor *proximity optic* dapat dibedakan menjadi tiga macam :

- Penghambat cahaya searah
- Penghambat cahaya reflektif
- Sensor optik reflektif tersebar (*difuse*)

PENUTUP

A. Kesimpulan

Modul ini berisi tentang materi pelajaran elektropneumatik kelas XI untuk Sekolah Menengah Kejuruan. Modul ini dibuat berdasarkan silabus materi Pneumatik kelas XI Semester 2 Teknik Mekatronika. Tidak semua materi dan bahasan yang ada di silabus tertuang dalam modul ini. Modul ini sudah dihitung berdasarkan silabus memuat 72 jam mata pelajaran.

Modul ini memuat mulai dari pengenalan komponen pneumatik, kontrol elektronik, pembuatan rangkaian elektropneumatik pada software aplikasi FluidSIM 5 Demo, kemudian mengaplikasikan rangkaian elektropneumatik untuk sistem yang ada di industri.

Modul ini dapat juga digunakan secara mandiri maupun berkelompok. Modul ini masih banyak kekurangan didalamnya, sehingga dibutuhkan saran dan masukan yang mendukung untuk pengembangan modul ini baik dari segi tampilan, isi dan materi modul. Penyusun mengharapkan banyak manfaat dari modul yang disusun ini. Penyusunan modul ini dilakukan oleh penyusun selama mengikuti training di Festo-Jerman.

B. Tindak Lanjut

Materi dan isi dari modul ini banyak penerapan yang ada di industri baik dari aktuator, sensor dan kontrolernya. Modul ini membahas pengenalan komponen elektropneumatik, pembuatan rangkaian elektropneumatik serta aplikasi rangkaian tersebut untuk sistem yang ada di industri. Kemampuan yang diharapkan kepada peserta didik atau pelatihan yaitu dapat merangkai dan menganalisis rangkaian elektropneumatik yang diaplikasikan untuk sistem penggerak yang ada di industri. Beberapa kemampuan yang ada yaitu pemasangan tubing, elektrikal dan pemrograman PLC. Pemrograman PLC diharapkan peserta didik atau pelatihan mampu berfikir secara logika dalam penyelesaian masalah secara sistematis.

Kemampuan yang ada dalam modul ini diharapkan peserta didik atau pelatihan berinisiatif untuk mencoba melakukan praktik dan mengembangkan diri secara individu, kelompok maupun terbimbing instuktur. Proses pengembangan kemampuan dapat melihat soal-soal LKS, ASC dan WSC bagi peserta didik, memecahkan masalah yang ada di industri. Peserta diharpakan mampu mengaplikasikan ilmu yang didapat dengan menggunakan kontroller yang umum yang ada di industri. Modul ini hanya menggunakan controller PLC buatan Siemens. Dengan banyaknya PLC yang ada dipasaran dan di industri diharapkan tidak menjadi kendala dalam mencoba mengaplikasikan ilmu.

Melalui pembelajaran berbasis modul, diharapkan akan membantu siswa/siswi Sekolah Menengah Kejuruan dapat belajar secara mandiri, dapat mengukur kemampuan diri sendiri. Tidak terkecuali dalam memahami konsep sistem elektropneumatik dan implementasinya. Semoga modul ini dapat digunakan sebagai referensi tambahan dalam proses pembelajaran baik teori maupun praktik. Siswa/siswi dapat mendalami materi lain di samping materi yang ada pada modul ini melalui berbagai sumber, jurnal maupun internet. Semoga modul ini bermanfaat khususnya pada program keahlian teknik Mekatronika.

DAFTAR PUSTAKA

..............., (2014) *Sistem Kontrol Elektropneumatik-1*. Diakses dari http://belajar.ditpsmk.net/wp-content/uploads/2014/09/SISTEM-KONTROL-ELEKTRO-PNEUMATIK-1.pdf. Pada tanggal 30 Maret 2017, Jam 20.08 Waktu Jerman.

Yuwono Indro, *Pengantar Elektropneumatik*. Diakses dari http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/pendidikan/Yuwono%20Indro%20Hatmojo,%20S.Pd.,%20M.Eng./Modul%20Pengantar%20Elektropneumatic.docx

................, Grafcet. Diakses dari https://de.wikipedia.org/wiki/GRAFCET. Pada tanggal 30 Maret 2017, Jam 21.32 Waktu Jerman

Soleh Miftahu, (2016), Buku guru pembelajar Mekatronika Modul: Malang, PPPPTK Malang

Siti Maulidatul Holisah, dik, Buku hidrolik dengan fluidsim: Jakarta, DitPSMK.

..............., Fundamental of Mechatronics, Festo Didactics

..............., Pneumatic System, Festo Didactics

..............., Write Software Program Programming a Programmable Logic Controller Exercises Solution, Festo Didactics

..............., Programmable Logic Controller Siemens STEP 7 Programming Language Firs Steps, Festo Didactics

..............., Siemens Step 7 Sequence Control System Using step 7 Graph, Festo Didactics